مهندس | هرآنچه یک دانشجوی مهندسی لازم دارد

WWW.MOHANDES.ORG

دانلود شده از وبسایت مهندس

واحد شهر جدید پرند

جزوه درس نقشه برداری عمومی و عملیات

مهندس پناهی

نیمسال اول 91 - 1390

بسمه تعالی

نام درس: نقشه برداری عمومی و عملیات

نام مدرس: مهندس ابراهیم پناهی

Email: EPanahi89@gmail.com

Weblog: EPanahi.Blogfa.com

- کلیه فایل‌های مورد نیاز (تکالیف و نقشه‌ها ، نمونه سوالات و ...)در طول ترم از طریق وبلاگ فوق در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد.
- دانشجویان نیز می‌توانند تکالیف، فایل‌ها و نقطه نظرات خود را از طریق ایمیل فوق ارسال کنند.

نحوه ارزیابی:

عنوان	نمره
حضور موثر در کلاس(به خصوص در جلسات برداشت)	2
تحویل گروهی گزارشات کار	6
امتحان عملی	2
امتحان تئوری پایان ترم	10
* نمره تشویقی(علاوه بر بیست)	تا 1 نمره

* نمره تشویقی مربوط به استفاده از نرم افزارهای مختلف مرتبط در ترسیم‌ها و محاسبات از قبیل Autocad, AutocadLand,SDR Mapping, ... می‌باشد.

منابع درس:

1- **نقشه برداری، دکتر شمس نوبخت، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران(TEXT BOOK)**
2- نقشه برداری عمومی، مهندس محمدرضا عاصی، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف
3- نقشه برداری مهندسی، مهندس محمود دیانت خواه، دانشگاه صنعتی اصفهان
4- جزوه درسی حاضر(90% سوالات امتحانی از این منبع خواهد بود.)

تذکرات:

- دانشجویان مجاز به غیبت در جلسات برداشت نمی‌باشند(جلسات برداشت از هفته قبل اطلاع داده می‌شود).
- ملاک حضور و غیاب، زمان انجام آن در کلاس است و دانشجویان مجاز به بیش از 3 جلسه غیبت نیستند.

فصل اول
کلیات و تعاریف

نقشه برداری:

نقشه برداری[1] علمی است که ریاضیات عملی را با فنون اندازه گیری و هنر ترسیم توأم نموده و به وسیله آن قطعاتی از سطح زمین را با کلیه عوارض آن در روی صفحه افقی نمایش می‌دهیم.

نقشه:

تصویر افقی منطقه‌ای با مقیاس کوچک بر روی یک صفحه می‌باشد. به عبارتی نقشه شکل کوچک شده و ساده شده قسمتی از زمین بر روی یک صفحه می‌باشد.

ترسیمی که فاقد اندازه‌های دقیق باشد را **کروکی** می‌نامند.

در نقشه برداری، برای نشان دادن عوارض بر روی یک صفحه احتیاج به یک سری عملیات و اندازه گیری‌هاست که به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شود.

1- **عملیات صحرایی:** به طور کلی این مرحله شامل الف- شناسایی و بازدید اولیه منطقه ب- انتخاب ایستگاه‌های اندازه گیری و رئوس کار و ج- اندازه گیری طول‌ها و زوایا می‌باشد.

2- **محاسبات:** هدف از این مرحله تعیین مختصات نقاط(x: طول، y: عرض و z : ارتفاع(این مؤلفه با h هم نمایش داده می‌شود)) مورد نظر می‌باشد.

3- **تهیه و ترسیم نقشه:** این بخش موضوع علم **کارتوگرافی** است که یک نقشه بردار باید در حد ضرورت با آن آشنا باشد. فن تهیه و تدوین نقشه، کاری است که به تنهایی با خواندن کتاب تأمین نمی‌شود بلکه باید با عمل نیز توأم گردد و به خصوص بخش‌های نظری و عملی با مقایسه مستقیم نقشه و عوارض روی زمین تکمیل می‌گردد.

اهمیت نقشه برداری:

دانش نقشه برداری، امروز جزء لاینفک کلیه امور مهندسی و اجرایی مانند عملیات ساختمانی، احداث راه، بزرگراه و راه آهن و خطوط انتقال آب ، گاز و نیرو، احداث پل‌ها و سد ها ، مهندسی معدن و احداث تونل‌ها، شهرسازی، مهندسی کشاورزی و احداث نهرها، تأسیسات و منابع آبی، زمین شناسی، جنگلداری و حتی حفظ آثار باستانی و تشخیص جرائم در تصادفات رانندگی و ... می‌باشد.

[1] -Surveying

با توجه به ماهیت پروژه‌های اجرایی و عملیات عمرانی، اکیپ‌های نقشه برداری معمولاً اولین گروه‌های مهندسی هستند که با هدف تهیه نقشه‌های اولیه (طرح مقدماتی و شناسایی) به کارگاه اعزام می‌شوند، برآورد هزینه‌ها و تهیه صورت وضعیت از امور محاسباتی است که انجام آن مستلزم اجرای عملیات نقشه برداری است. در طول انجام پروژه، نقشه‌برداران همواره در الف- تهیه نقشه‌های دقیق ب- پیاده کردن سازه‌های طراحی شده و نیز ج- محاسباتی از قبیل تعیین حجم عملیات خاکی، برآورد میزان مصالح مصرفی و ... مهندسان اجرایی و طراح را یاری می‌کنند. در نهایت در پایان پروژه نیز این مهندسان نقشه بردارند که به کنترل طرح‌های پیاده شده می‌پردازند.

از این رو دانش‌آموختگان رشته نقشه‌برداری در هر مقطعی اعم از دیپلم به بالا به سرعت جذب بازار کار می‌شوند. به دلیل اهمیت این رشته در کارهای عمرانی و محاسبات سنگین ریاضی و تئوری خطاها کسب مدرک در این رشته کار آسانی نیست. دانشجویان این رشته حتی در هنگام تحصیل نیز با پیشنهادات کار فراوانی روبرو می‌شوند.

انواع عملیات نقشه برداری:

به طور کلی عملیات نقشه برداری به دو قسمت کلی تقسیم می‌شود:

الف- پلانی متری: این عملیات مربوط به نشان دادن مسطحاتی یک منطقه می‌باشد. یعنی اختصاص یک x و y به نقاط مورد نظر و انتقال آن بر روی یک کاغذ. نقشه هایی که به این صورت تهیه می‌شوند را **پلان** گویند.

ب- آلتی متری: عملیات مربوط به نشان دادن وضع ارتفاعی یک منطقه را گویند. لذا در این عملیات، بعد ارتفاع نقاط(z یا h) دارای اهمیت می‌باشد.

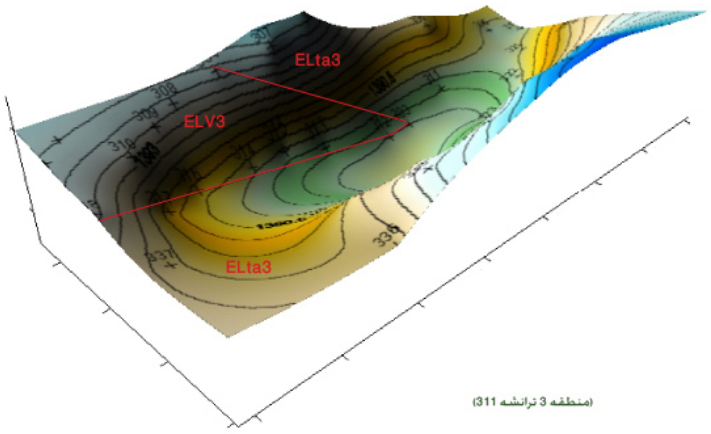
نشان دادن ارتفاعات در نقشه

راه‌های مختلف نشان دادن ارتفاعات در روی نقشه عبارتند از:

الف- استفاده از نقش برجسته: در این روش برای نشان دادن ارتفاعات از سطوح بر جسته استفاده می‌شود. مانند آنچه در کارگاه درس جغرافیا برای نشان دادن وضعیت رشته کوه‌ها، دشت‌ها و جلگه‌ها و ... در ماکت ایران مشاهده کرده‌ایم. این روش علی رقم مشکلات در تهیه ماکت‌ها، دقت لازم را برای انجام کارهای فنی و دقیق ندارد و تنها یک دید کلی و نسبی در مورد ارتفاعات مورد نظر بدست می‌دهد.

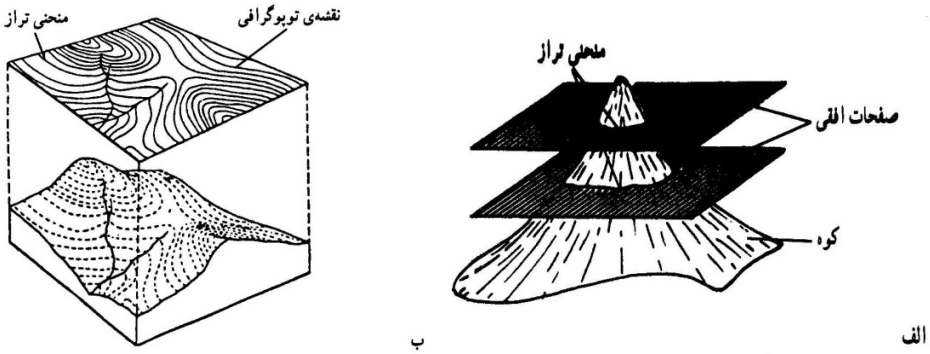
ب- استفاده از سایه بندی[1]، هاشور زدن یا رنگ آمیزی: در این روش نیز برای استفاده‌های دقیق و فنی دچار مشکل خواهیم بود. شکل1-1 نمونه‌ای از استفاده از رنگ آمیزی برای نشان دادن ارتفاعات را نشان می‌دهد.

[1] -Stampage



شکل1-1- نمونه‌ای از استفاده از رنگ آمیزی برای نشان دادن ارتفاعات

ج- استفاده از سطوح تراز: این روش رایج ترین و کاراترین طریقه نشان دادن ارتفاعات است. اساس این روش، قطع کردن یک سطح برجسته با صفحات موازی سطح تراز (صفحات متساوی البعد) و رسم تصویر افقی مقاطع می‌باشد(اشکال1-2 و 1-3). به منحنی هایی که در واقع فصل مشترک سطح برجسته(سطح زمین) و صفحات موازی متساوی البعد هستند اصطلاحاً **منحنی‌های تراز** یا **منحنی‌های میزان** یا **کنتور های تراز** گویند.



شکل1-2- استفاده از سطوح تراز برای نشان دادن ارتفاعات[5]

مهم‌ترین مشخصات خطوط تراز عبارتند از:

1- کلیه نقاطی که روی یک منحنی قرار گرفته‌اند، دارای ارتفاع یکسان و برابر با ارتفاع آن منحنی تراز می‌باشند.

2- نقاطی که بین دو منحنی تراز قرار دارند ارتفاعی مابین کدهای ارتفاعی دو منحنی دارند(به استثنای خط الرأس و خط القعر افقی و قله و گودال که اختلاف ارتفاع آنها به حدی نیست که منحنی جدید رسم شود)

3- در زمین‌های پرشیب منحنی‌های تراز به هم نزدیکتر و در زمین‌های کم شیب این منحنی‌ها از هم دور می‌شوند.

4- این منحنی‌ها یکدیگر را قطع نمی‌کنند مگر در صورت وجود شیب وارونه منفی (مثلاً در وجه زیرین صخره‌های بیرون زده)

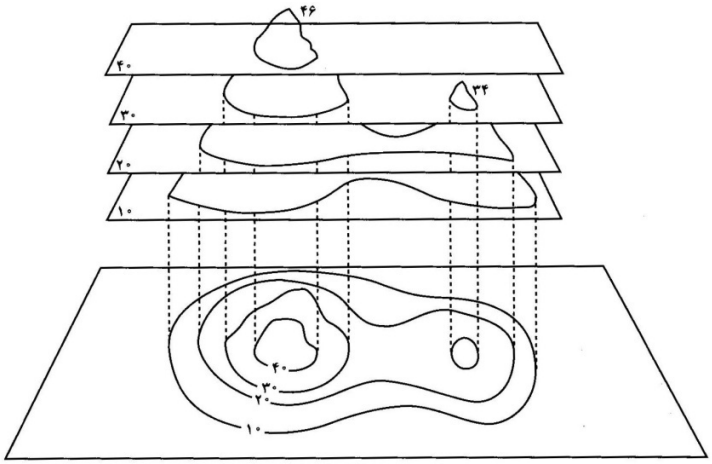
5-با استفاده از این منحنی‌ها می‌توان پروفیل(مقطع) طولی را در یک امتداد رسم کرد.

6- در زمین‌های شیب دار هموار، منحنی‌های تراز تقریباً با هم موازی‌اند.

7- برای یک **قله** منحنی‌های تراز به صورت بسته بوده و با حرکت به سمت مرکز ارتفاع آن افزایش می‌یابد.

8- برای یک **گودال** منحنی‌های تراز به صورت بسته بوده و با حرکت به سمت مرکز ارتفاع آن کاهش می‌یابد.

9- ارقام ارتفاعی ذکر شده روی منحنی‌های میزان همواره نشانگر جهت شیب می‌باشند به گونه‌ای که سمت بالایی اعداد به طرف شیب مثبت(سربالایی) و طرف پایین آن به طرف شیب منفی (سراشیبی) است.



شکل1-3- نمونه‌ای ساده از نقشه توپوگرافی با درج کد های ارتفاعی[5]

انواع نقشه برداری

الف- نقشه برداری عمومی یا توپوگرافی یا توپومتری:

تهیه نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس‌های مختلف که ترکیبی از پلانی متری و آلتی متری است را گویند.

ب- نقشه برداری ژئودزی و میکروژئودزی:

تعیین شکل زمین را گویند به عبارتی وضع نسبی یک عده نقاط که در حقیقت استخوان بندی نقشه برداری است، نسبت به هم می‌باشد. ژئودزی ماهواره‌ای (سیستم موقعیت یاب جهانی GPS [1]) شاخه‌ای جدید از این علم می‌باشد. این نقشه برداری در تهیه نقشه‌های جهانی، کشوری و استانی و به طور کلی **نقشه‌های جغرافیایی** به کار می‌آید.

منظور از عملیات ژئودزی از نظر علمی تعیین شکل زمین بوده و از نظر عملی یکی از کاربرد های آن تعیین وضع نسبی یک عده نقاط که در حقیقت استخوان بندی نقشه برداری است، نسبت به هم می‌باشد.

در تهیه نقشه یک کشور و یا یک منطقه به وجود آوردن یک سری نقاط تکیه گاه که آنها را **نقاط ژئودزی** می‌گویند، ضروری است. یعنی تعیین مختصات آنها توسط عملیات ژئودزی و نجوم و اندازه گیری‌های دقیق انجام می‌گیرد.

مراحل ایجاد شبکه ژئودزی :

1- تعیین شبکه ژئودزی درجه I:

[1] -Global Positioning System

1-1- انتخاب و تثبیت عده‌ای نقاط در جاهای مرتفع به فاصله 30 تا 50 کیلومتر به طوری که این نقاط نسبت به هم دید داشته باشند(شکل 1-4).

1-2- سپس مختصات جغرافیایی(طول و عرض جغرافیایی) و جهت شمال جغرافیایی یکی از این نقاط را (مانند نقطه A) به عنوان مبنا یا شروع کار تعیین می‌کنند.

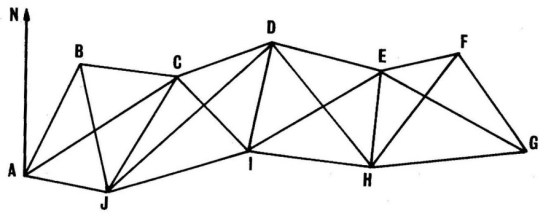
1-3- در ادامه آزیموت یکی از امتداد ها(مثل امتداد AB) را به دقت اندازه گیری می‌کنند(به مفهوم آزیموت در ادامه اشاره می‌شود).

1-4- تمام زوایای تشکیل شده بین امتداد ها را با دقت 1 تا 2 ثانیه صد قسمتی (ثانیه گرادی)تعیین می‌کنند.

1-5- طول افقی امتدادی مانند AB را که آن را طول BASE یا طول مبنا می‌نامند را با دقت بسیار بالا تعیین می‌کنند.

1-6- به کمک طول مبنا و زوایای اندازه گیری شده بعد از تصحیح‌های لازم، سایر طول‌ها را از روابط مثلثاتی تعیین می‌کنند.

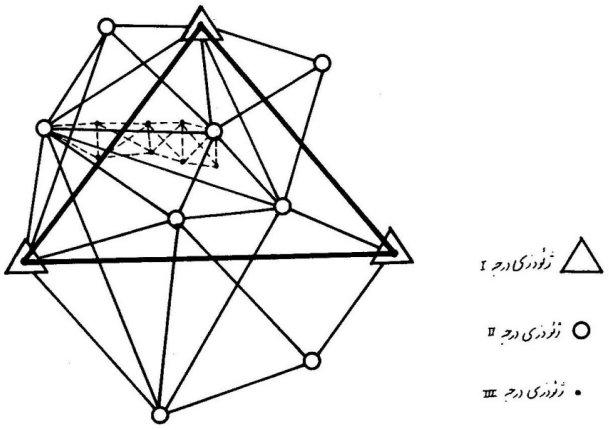
1-7- این نقاط مرتفع را با توجه به اندازه گیری‌ها، روی سطح بیضوی مقایسه انتخابی تصویر نموده و با حل مثلثات کروی مختصات سایر نقاط حساب می‌شود. این قسمت در فصل دوم به تفصیل بحث می‌شود.



شکل 1-4- تعیین شبکه ژئودزی درجه I[1]

2- بعد از تشکیل شبکه ژئودزی درجه یک شبکه‌ای دیگر با نقاطی به فواصل 15 تا 20 کیلومتر در داخل شبکه اصلی ایجاد و زوایای آن را با دقت 3 تا 5 ثانیه صد قسمتی قرائت می‌کنند این مرحله تشکیل شبکه ژئودزی درجه II می‌باشد(شکل1-5).

3- پس از نقاط درجه II ژئودزی، نقاط شبکه درجه III ژئودزی را به فاصله 8 تا 15 کیلومتر با دقت زاویه‌ای 5 تا 10 ثانیه گرادی در داخل شبکه ژئودزی درجه II ایجاد می‌کنیم. سپس ژئودزی درجه چهار با طول‌های کمتر از 8 کیلومتر و دقت زاویه‌ای 10 تا 15 ثانیه گرادی انجام می‌گیرد و پس از آن عملیات نقشه برداری شروع می‌شود.



شکل1-5- شبکه ژئودزی درجه I و II و III[1]

ج- نقشه برداری پلانی متری و ثبت املاکی(کاداستر)

در این نقشه هدف تعیین و نمایش مسطحاتی عوارض است که نقشه هایی که بدین طریق تهیه می‌شوند را پلان گویند و در کاداستر شهری قابل کاربرد است. معمولاً در این نقشه‌ها وضعیت ارتفاعی زمین مورد توجه نبوده و هدف تعیین جانمایی عوارض در نقشه، میزان مساحت‌ها و تعیین فواصل افقی است.

د- نقشه برداری زیر زمینی (معدنی)

این بخش شامل عملیات و محاسبات نقشه برداری برای تعیین موقعیت، حدود و مشخصات عوارض در زیر سطح زمین شامل چاه‌ها، تونل‌ها، راهروهای زیرزمینی و معادن است.

ه- فوتوگرامتری یا نقشه برداری هوایی

تکنیک یا علمی است که از عکس برای تعیین شکل، اندازه‌ها و وضعیت جسم در فضا استفاده می‌کند. این گرایش در اموراتی مثل زمین شناسی، اکتشافات معدنی، جنگلبانی و کشاورزی، مطالعه و طراحی پروژه‌های مهندسی، باستان شناسی، معماری و ... به کار می‌رود. در فوتوگرامتری عکس‌های هوایی را می‌توان به کمک دستگاه‌های مخصوص یا نرم افزار های کامپیوتری تبدیل به نقشه نمود. فوتوگرامتری به طور کلی شامل موارد زیر است:

- فوتوگرامتری هوایی:
- فوتوگرامتری زمینی: عکس برداری منطقه مورد نظر از نقاط مرتفع
- تفسیر عکس‌های هوایی و سنجش از دور(GIS)

عکس برداری هوایی اولین بار به کمک بالون و کایت انجام گرفت و پس از این که مشخص شد این نوع عکس برداری می‌تواند کمک زیادی به تهیه نقشه کند، هواپیماهای کوچکی مخصوص این کار ساخته شد که نصب دوربین نقشه برداری در کف آنها باعث شد عکس‌های زیادی از سطح زمین تهیه گردد.

و- نقشه برداری مسیرها و راه‌ها:

احداث و نگهداری خطوط ارتباطی همانند راه، راه آهن، لوله کشی آب، گاز، خطوط انتقال نیرو، تلفن و ... به این نوع عملیات نیاز دارند. به طور کلی مراحل این نوع نقشه برداری عبارت است از:

1- طرح مقدماتی و شناسایی
2- تهیه نقشه توپوگرافی با مقیاس بزرگ در باند کافی در طرفین مسیر
3- طراحی مسیر پیشنهادی و پیاده کردن آن روی زمین
4- محاسبه حجم عملیات خاکی و کنترل

ز- نقشه برداری مشتقه:

شامل پیاده کردن طرح‌های صنعتی و ساختمانی که گاهی با وسائل ساده انجام می‌گیرد. این نوع نقشه برداری با هدف انتقال طرح از روی کاغذ بر سطح زمین که در مرحله اجرا ضروری است انجام می‌شود. در این عملیات باید معکوس عملیات تهیه نقشه ، به طور دقیق انجام گیرد که به آن **عملیات پیاده کردن نقشه**[1] می‌گویند. نقشه را با همان وسایلی که برای تهیه نقشه مورد استفاده قرار می‌گیرند، پیاده هم می‌توان کرد.

ح- نقشه برداری دریایی و هیدرو گرافی:

[1] -Setting Out

عبارت است از نقشه برداری آب‌ها، کف دریاها، رودخانه‌ها، سواحل و ...

ط - نقشه برداری آلتی متری یا ارتفاعی

معمولاً در تهیه و ترسیم پروفیل‌های طولی و عرضی از سطح طبیعی زمین یا عوارض و تأسیساتی مانند کانال‌ها، راه‌ها ، تونل و... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ی- نقشه برداری نظامی

مقیاس نقشه

مقیاس نقشه[1] عبارت است از طول اندازه گیری شده روی نقشه به طول افقی مشابه روی زمین

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{اندازه یک طول روی نقشه}}{\text{اندازه همان طول بر روی زمین}}$$

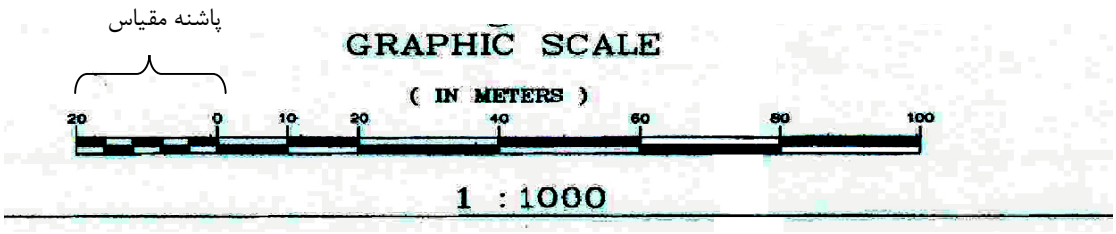
برای مثال مقیاس $\frac{1}{500}$ یعنی یک متر روی نقشه معادل 500 متر روی زمین است یا یک سانتی متر روی نقشه معادل 500 سانتی متر(5متر) روی زمین است.

انواع مقیاس

الف- مقیاس ساده: صورت کلی نوشتاری این مقیاس $\frac{1}{N\times 1000}$ می باشد. مثلاً مقیاس $\frac{1}{25000}$ یعنی 1 میلیمتر روی نقشه مطابق 25 متر روی زمین است.

ب- مقیاس مرکب: در کشور هایی که سیستم غیر متریک دارند، از این مقیاس استفاده می‌شود. مثلاً $\frac{2\ inch}{5\ mile}$ یعنی 2 اینچ روی نقشه معادل 5 مایل روی زمین است.

ج- مقیاس خطی یا گرافیکی: عبارت است از خطی که به تقسیمات مساوی افراز شده و هر قسمت آن طول معینی از نقشه را در روی زمین نشان می‌دهد. برای استفاده از این نوع مقیاس هر قسمت معین را روی مقیاس خطی با خط کش اندازه می‌گیرند و با توجه به ارقام نوشته شده روی آن طول مورد نظر را به اشل تبدیل می‌کنند.



شکل1-6- نمونه‌ای از مقیاس خطی

در شکل 1-6 نمونه‌ای از مقیاس خطی نمایش داده شده است. در این مقیاس چنانچه 10 متر روی نقشه با خط کش برابر 1سانتی متر اندازه گیری شود مقیاس نقشه همان مقیاس $\frac{1}{1000}$ یا 1:1000 به صورت ساده است. یعنی 2 سانتی متر روی نقشه برابر

[1] - Scale

2000 سانتی متر(20 متر) روی زمین است. چنانچه از شکل مشخص است بخش انتهایی سمت چپ شکل به بخش های کوچکتری افراز شده که این بخش را **پاشنه مقیاس** گویند.

از مزایای مقیاس خطی این است که اگر نقشه در اثر عاملی مثل اشتباه در هنگام چاپ یا عوامل جوی تغییر بعد داد، مقیاس خطی هم تغییر بعد می‌دهد و اندازه گیری با این مقیاس روی نقشه با مقدار افقی آن روی زمین مطابقت می‌نماید.

مثال

ابعاد زمینی مستطیل شکل روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{2000}$ ابعاد 20 در 30 سانتی متر است. مساحت این زمین چقدر است؟

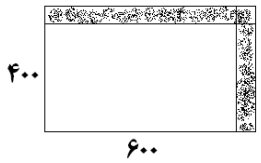
$\mathbf{L_1 = 20 \times 2000 = 40000cm = 400\,m}$

$\mathbf{L_2 = 30 \times 2000 = 60000cm = 600\,m}$

$\Rightarrow S = 400 \times 600 = 240000\,m^2 = 24$ هکتار(ha)

مثال

در مثال قبل فرض کنیم هنگام استخراج اطلاعات از روی نقشه یک میلی متر خطا داشته باشیم. بیان کنید مساحت با چه دقتی به دست می‌آید؟



$1 \times 2000 = 2000\,mm = 2\,m$

$L_1 = 400 \pm 2\,,\ L_2 = 600 \pm 2$

مقدار خطا $\cong \pm(400 + 600) \times 2 \cong \pm 2000\ m^2$

مثال

در صورتی که برای ترسیم نقشه از قلمی با ضخامت 0/2 میلی متر استفاده شود، در یک نقشه با مقیاس $\frac{1}{100000}$ چه سطحی از زمین زیر خطی به طول 1 میلی متر قرار می گیرد؟

$L_1 = 0.2 \times 100000 = 20000\,mm = 20\,m\,,\ L_2 = 1 \times 100000 = 100000\,mm = 100\,m$

$\Rightarrow S = 20 \times 100 = 2000\,m^2$

مشاهده می‌شود که در نقشه فوق که در محدوده نقشه‌های کوچک مقیاس قرار دارد، در زیر سطحی در حدود یک نقطه، زمینی در حدود 2000 مترمربع قرار می‌گیرد. لذا هرچه نقشه کوچک مقیاس تر باشد جزئیات کمتری را در بر خواهد داشت.

انواع نقشه از نظر مقیاس

الف- نقشه‌های خیلی بزرگ مقیاس$(\frac{1}{100} - \frac{1}{500})$: معمولاً به این نقشه ها پلان می گویند.

ب- نقشه‌های بزرگ مقیاس $(\frac{1}{500} - \frac{1}{10000})$: نقشه های مهندسی و اجرایی

ج- نقشه‌های متوسط مقیاس$(\frac{1}{10000} - \frac{1}{50000})$

د- نقشه‌های کوچک مقیاس$(\frac{1}{50000} - \frac{1}{250000})$

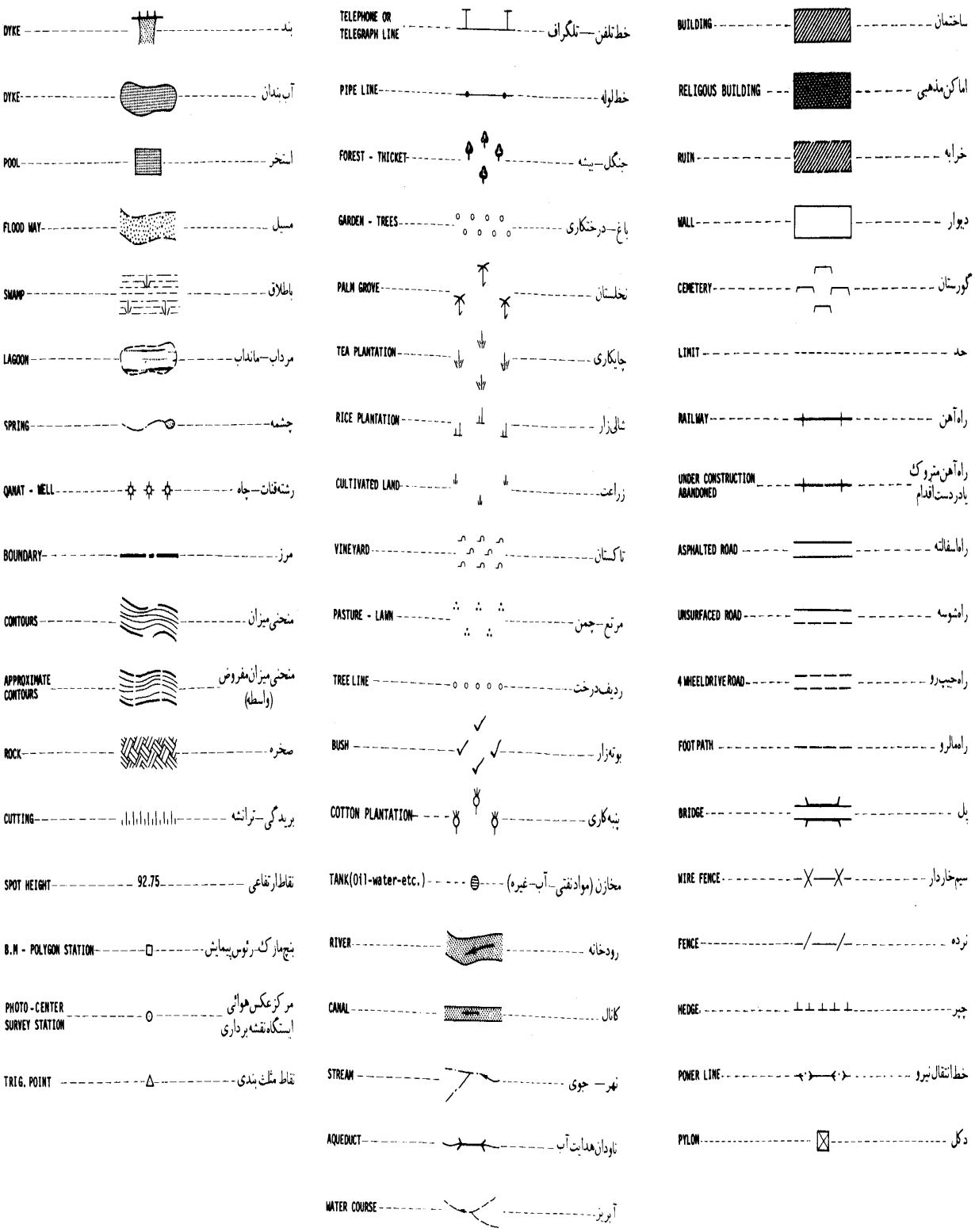
ه- نقشه‌های خیلی کوچک مقیاس$(\frac{1}{250000}$ به بالا): معمولاً به این نقشه ها، اطلس یا نقشه جغرافیایی گویند.

علائم قراردادی نقشه

برخی عوارض وقتی به اشل تبدیل شوند، قابل انتقال بر روی نقشه نخواهند بود(عرض آنها از 0/2 میلی‌متر کمتر می‌شود). مثلاً چاه یا رشته قناتی به قطر 2 متر وقتی روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{10000}$ منتقل شود، قطری برابر 0/2 میلیمتر خواهد داشت که قابل انتقال بر روی نقشه نیست. به این منظور برای نشان دادن عوارض مهم از یک سری علائم قراردادی استفاده می شود که مقیاس در مورد آنها مورد توجه نیست.

باید توجه داشت در حاشیه هر نقشه علاوه بر عنوان پروژه، عنوان نقشه، کد نقشه، مقیاس، مقیاس خطی، تاریخ تهیه و تهیه کننده حتماً بایستی جدول علائم قراردادی[1] مورد استفاده نیز قید گردد(شکل 1-7).

[1] -LEGEND



شکل1-7- برخی علائم قراردادی نقشه[1]

بررسی شکل ظاهری زمین

به طور محسوسی شکل ظاهری زمین، یک **بیضوی دورانی**(و نه یک کره) است. بر این اساس تعاریف زیر بیان می‌گردد:

- امتداد قائم: در هر نقطه از سطح زمین امتداد شاقولی در آن نقطه را امتداد قائم نقطه گویند(در هر نقطه یک امتداد قائم وجود دارد).

- امتداد افقی: در هر نقطه از زمین خطی است که بر امتداد قائم در آن نقطه عمود باشد(در هر نقطه بی نهایت امتداد افقی وجود دارد)

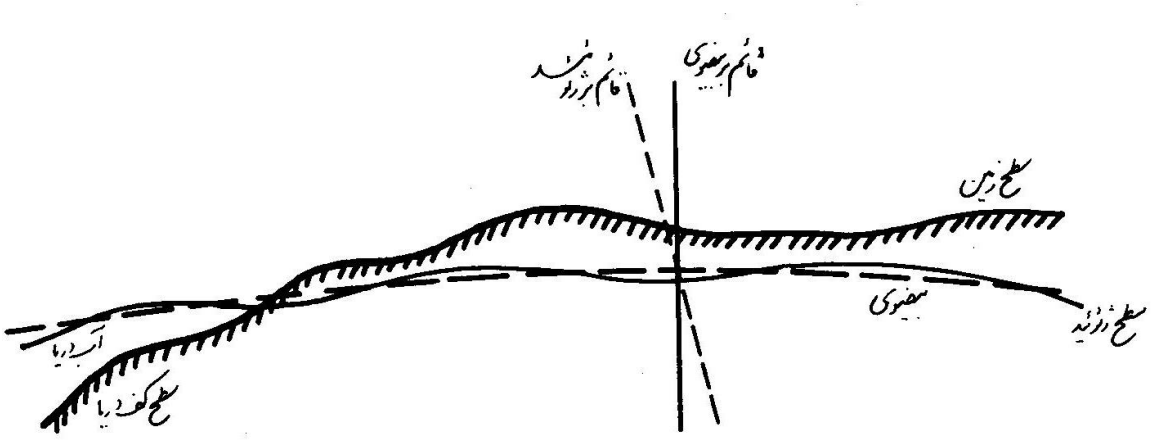
- **سطح تراز:** سطحی است که امتداد نیروی ثقل وارده بر آن سطح عمود باشد.

- **سطح ژئوئید:** سطح تراز منطبق بر کره زمین را گویند. تنها سطح متوسط دریاهای آزاد می‌تواند چنین خاصیتی را داشته باشد. یعنی با توجه به اینکه $\frac{3}{4}$ سطح زمین را دریاهای آزاد پوشانده اند، سطح متوسط این دریاها تنها سطح منطبق بر کره زمین است که نیروی ثقل بر آن عمود می باشد(با توجه به مقاومت برشی ناچیز آب).

- **بیضوی مقایسه یا الپسوئید:** این سطح مقایسه یک بیضوی دورانی نزدیک به ژئوئید است که دارای فرمول ریاضی مشخص برای سطح و شکل و ابعاد معلوم است. این سطح از آن جهت تعریف می‌شود که سطح ژئوئید به علت تغییرات وزن در اثر سرعت زاویه‌ای زمین و مقدار شتاب ثقل که در نقاط مختلف زمین از نظر جهت و امتداد و مقدار فرق می‌کند، شکل نامنظم هندسی است. این سطح فقط دارای تعریف فیزیکی بوده و وضعیت آن بستگی میزان شتاب ثقل، پستی و بلندی و جنس متشکله زمین دارد.

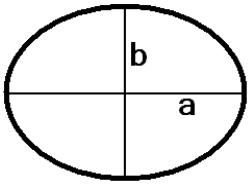
پس الپسوئید بر خلاف سطح ژئوئید که دارای شکل نامنظم هندسی است، می‌تواند پایه محاسبات اندازه‌گیری‌های روی زمین باشد.

هرچند دو سطح ژئوئید و الپسوئید دقیقاً بر یکدیگر منطبق نیستند ولی اختلاف آنها در بدترین شرایط از چندین متر تجاوز نمی‌کند. در هر نقطه از زمین قائم بر بیضوی تابع معادله ریاضی سطح بوده، در صورتی که قائم بر ژئوئید که همان **امتداد شاقولی** هر نقطه است تابع فرمول ریاضی مشخصی نیست. این دو قائم بر هم منطبق نیستند و با هم زاویه‌ای می‌سازند که مقدار آن به چند ثانیه گرادی(صد قسمتی) می‌رسد. این زاویه را انحراف نسبی قائم می‌گویند(شکل 1-8).



شکل1-8- وضعیت سطح زمین در مقایسه با ژئوئید و بیضوی مقایسه[1]

سطوح استفاده شده توسط ژئودزین های ایرانی عبارتند از:



الف: بیضوی کلارک(1880):

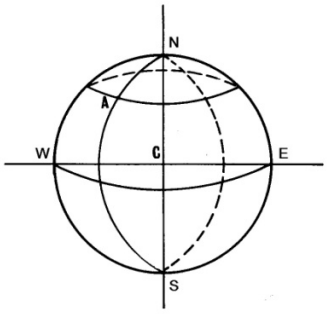
$a = 6378249\,m$ نصف قطر بزرگ , $b = 6356480\,m$ نصف قطر کوچک

$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{293}$ = ضریب فشردگی یا ضریب خوابیدگی

ب: بیضوی بین المللی هایفورد:

$a = 6378388\,m\,, b = 6356912\,m\,, \alpha = \frac{1}{297}$

مشخصات جغرافیایی یک نقطه



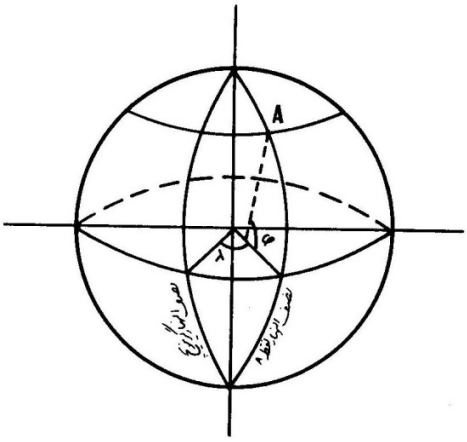
یک بیضوی به مرکز C در نظر گرفته و تعاریف زیر را درباره آن بیان می‌کنیم:

1- مدار نقطه A: فصل مشترک بیضوی و صفحه‌ای است که از نقطه A می‌گذرد و محور شمالی جنوبی (N-S) بر آن عمود است.

2- نصف النهار نقطه A: فصل مشترک بیضوی با صفحه‌ای است که از نقطه A و محور N-S می‌گذرد.

3- استوا: مداری است که از مرکز C (مرکز زمین یا بیضوی) می‌گذرد و مدار مبدأ می‌باشد.

4-نصف النهار گرینویچ: نصف النهاری است که از رصدخانه گرینویچ در لندن می‌گذرد و به عنوان نصف النهار مبدأ و مبنای ساعت انتخاب شده است.



5-طول جغرافیایی[1] نقطه A: زاویه‌ای دو وجهی که بین نصف النهار مبدأ و نصف النهار گذرنده از نقطه A به وجود می‌آید و آن‌را با λ نمایش می‌دهند. بنا بر قرارداد داریم که بازه تغییرات λ :

به عبارتی اگر نصف النهار در شرق نصف النهار مبدأ باشد، دارای طول شرقی(تغییرات طولی مثبت) و اگر در غرب آن باشد دارای طول غربی(تغییرات طولی منفی) خواهد بود.

6-عرض جغرافیایی[1] نقطه A: زاویه‌ای است که قائم بر بیضوی در نقطه A با استوا

[1] -Longtitude

می‌سازد و باز هم طبق قرارداد، برای نیمکره جنوبی عرض جغرافیایی جنوبی و یا تغییرات آن منفی و برای نیمکره شمالی عرض جغرافیایی شمالی و تغییرات آن مثبت می‌باشد. عرض جغرافیایی را با φ نمایش می‌دهند و بازه تغییرات آن بدین صورت است:

7-شمال جغرافیایی یا شمال حقیقی[2] نقطه A: نصف النهار گذرنده از نقطه A را در نظر می‌گیریم. امتداد این نصف النهار در جهت قطب شمال را شمال جغرافیایی نقطه A می‌گویند.

لازم به ذکر است دو نوع شمال دیگر هم در نقشه برداری قابل تعریف است:

الف- شمال مغناطیسی[3]: یک جهت تقریبی به طرف شمال را نشان می‌دهد که در آن یک آهنربای آویخته آزاد تحت تأثیر میدان (نیروی) مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد. اگر قطب‌نما را بر سطحی صاف قرار دهیم، پس از پایان یافتن نوسانات عقربه مغناطیسی آن سمتی که نوک شمالی عقربه نشان می‌دهد معرف شمال مغناطیسی است.

ب- شمال شبکه[4]: چون موقع ترسیم نقشه، شبکه‌ای متعامد بر روی کاغذ در نظر می‌گیریم شمال محور Y های نقشه به نام شمال شبکه در نقشه برداری معروف است.

باید توجه داشت که اساساً جهت‌های شمال جغرافیایی در نقاط یک منطقه که روی یک نصف النهار نیستند با یکدیگر موازی نیست و این جهت‌ها نسبت به نقطه قطب شمال همگراست. لذا هر نقطه دارای یک جهت شمال جغرافیایی است هر چند در فواصل کم طول جغرافیایی مقدار انحراف آنها از یکدیگر بسیار ناچیز است. بر این اساس در مناطق کم وسعت می‌توان برای یک نقطه شمال جغرافیایی (نصف النهار مرجع) را تعیین کرد و آن جهت را در قالب شمال شبکه به نقاط دیگر نیز تعمیم داد(شکل 1-9). در عمل نیز اختصاص یک شمال برای هر نقطه و ترسیم نقشه با توجه به آن غیر ممکن است.

آزیموت یا سمت جغرافیایی یک امتداد

زاویه‌ای که امتداد شمال با امتداد مورد نظر در جهت گردش عقربه‌های ساعت می‌سازد را آزیموت[5] یا سمت جغرافیایی آن امتداد گویند. برای مثال با توجه به شکل 1-9 زاویه A همان آزیموت امتداد های $P_0 - P_1$ و $P_1 - P_2$است.آزیموت را با نماد $AZ_{P_0-P_1}$ نشان می دهند. باید توجه داشت که :

$$AZ_{P_0-P_1} \neq AZ_{P_1-P_0}$$

ژیزمان یا گرای یک امتداد

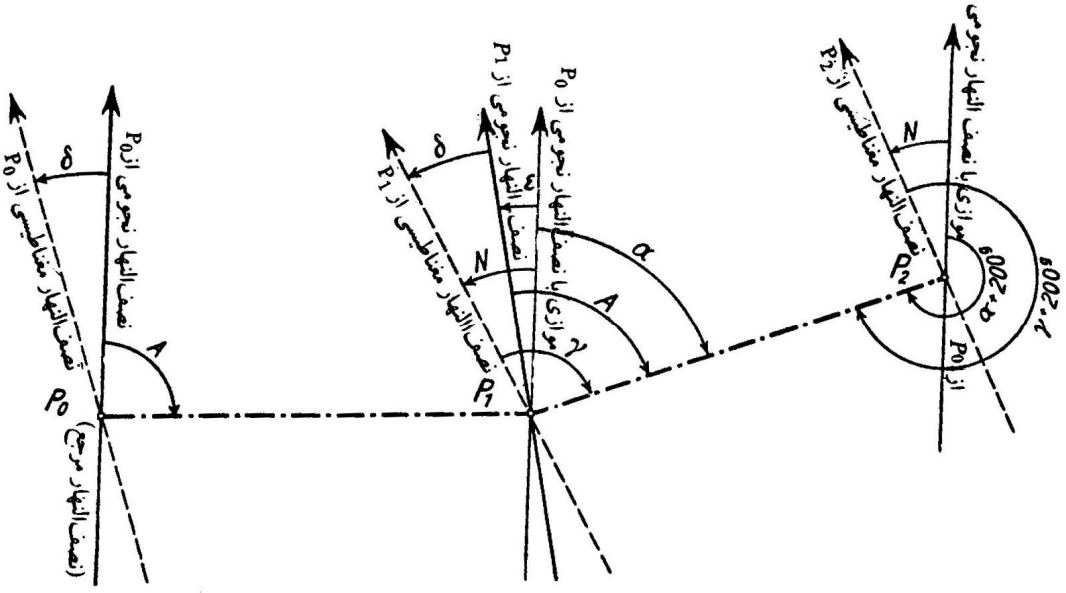
[1] -Latitude
[2] -True North
[3] - Magnetic North
[4] -Grid North
[5] -Azimuth

زاویه‌ای که خط موازی با نصف النهار نجومی مرجع در نقطه ابتدایی امتداد(نقطه P_1 در شکل 1-9) با امتداد مورد نظر (برای مثال امتداد $P_1 - P_2$) در جهت گردش عقربه های ساعت می سازد را ژیزمان امتداد $P_1 - P_2$ می‌گویند. و آن را با $G_{P_1-P_2}$ نمایش می دهند. در شکل 1-9 داریم: $\alpha = G_{P_1-P_2}$

به عبارتی ژیزمان[1] یک امتداد عبارت است از زاویه‌ای که شمال شبکه با امتداد مورد نظر در جهت گردش عقربه‌های ساعت می‌سازد. داریم:

$$G_{BA} = G_{AB} \pm 180^{\circ}$$

اگر G_{AB} کمتر از 180 درجه بود علامت + و اگر بیشتر از 180 درجه بود علامت - به کار می رود.



شکل1-9

در شکل 1-9 زوایای دیگری نیز آمده است که عبارتند از:

ε: زاویه همگرایی نصف النهاری – زاویه بین شمال شبکه و شمال جغرافیایی(T.N) در هر نقطه

γ: آزیموت مغناطیسی: زاویه بین شمال مغناطیسی(M.N) و امتداد مورد نظر در جهت گردش عقربه‌های ساعت

δ: انحراف مغناطیسی: زاویه بین شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی در نقطه

N: انحراف تیغی مغناطیس: زاویه بین شمال شبکه و شمال مغناطیسی در هر نقطه

فصل دوم

انواع کلی سیستم‌های تصویر

[1] -Gizment

لزوم تعریف سیستم‌های تصویر

سطح کره یا بیضوی برای نشان دادن عوارض زمین از هر سطح دیگر مناسب‌تر است. ولی به علت اینکه تهیه و استفاده از آن مشکل بوده و از طرف دیگر کره یا بیضوی بدون پارگی و تغییر شکل قابل گسترش نیست، پس نقشه‌های منطبق بر کره یا بیضوی مطلوب استفاده کننده نخواهد بود.

لذا باید از سطوحی استفاده کرد که بعد از تصویر کردن عوارض بر روی آن بتوان آن را بدون پارگی باز نموده و محاسبات لازم را انجام داد.

نکته 1: به علت بزرگی شعاع یا اقطار بیضوی مقایسه می‌توان برای منطقه کوچک سطح بیضوی مقایسه را **صاف** در نظر گرفت و بدون محاسبات تبدیلات قوس به وتر و امثال آن، عوارض را با تقریب خوبی بر روی بیضوی تصویر نمود. در نقشه برداری این تقریب برای فواصل تا 8 کیلومتر برابر 1 سانتی متر، و تا 18 کیلومتر برابر 20 سانتی‌متر و برای 40 کیلومتر برابر "1" متر است. چنانکه می‌بینیم هرچه از مبدأ دور شویم تقریب اضافه گشته و از حقیقت دور می‌شود.

نکته 2: برای مناطق کوچک تا حدود 30 کیلومتر طولی در معادلات اندازه گیری می‌توان از انحنای زمین صرف نظر کرد.

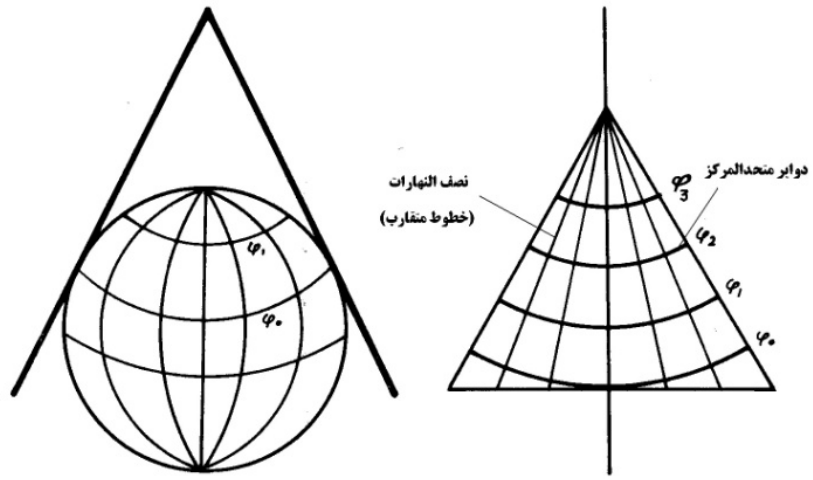
بدین ترتیب هر نقطه‌ای مانند A روی کره زمین را که در نظر بگیریم، در روی بیضوی دارای مختصاتی مانند (λ, ϕ) (سیستم مختصات جغرافیایی) و در روی برگه تصویر **نقشه** دارای مختصاتی برابر (X,Y) (سیستم مختصات قائم‌الزاویه) می‌باشد. می‌توان بین این دو سیستم مختصات روابطی را برقرار کرد و به آسانی آنها را به هم تبدیل نمود. این روابط به تعداد زیاد می‌تواند وجود داشته باشد، در نتیجه تعداد زیادی هم سیستم تصویر وجود دارد.

لذا سیستم مختصات جغرافیایی(λ, ϕ) بر روی بیضوی مقایسه تعریف می‌شود ولی سیستم مختصات قائم‌الزاویه (X,Y) بر روی برگه تصویر(نقشه) و با صرف نظر از انحنای زمین یا با محاسبات تبدیل قوس به وتر تعریف می‌شود. **سیستم‌های تصویر** در واقع روابط و معادلات تبدیل دو مختصات فوق است که می‌تواند روش‌های گوناگونی داشته باشد.

انواع کلی سیستم‌های تصویر

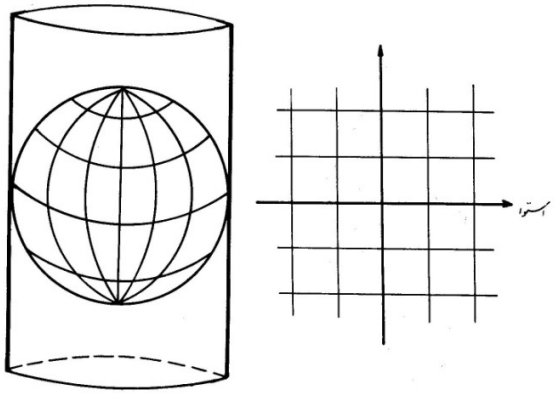
1 - از نظر حالت و شکل سیستم‌های تصویر

1-1- سیستم تصاویر مخروطی: در این سیستم مخروطی را حول یکی از مدارات بر بیضوی مماس نموده و سپس عوارض را بر روی آن تصویر و مخروط را حول مولدش باز می‌نمایند.



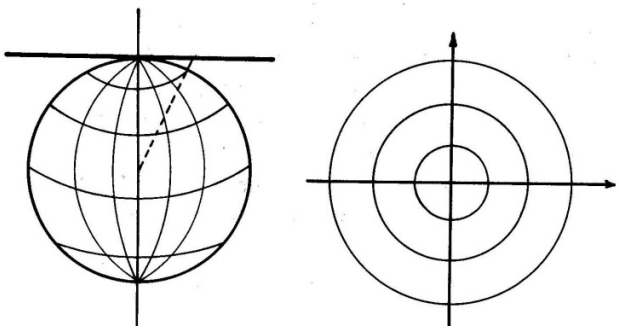
شکل2-1

2-1- سیستم تصاویر استوانه‌ای: در این سیستم استوانه‌ای را حول استوا یا یکی از نصف النهارات یا حول یک دایره عظیمه از بیضوی یا کره بر آن مماس نموده و سپس عوارض را بر روی آن تصویر و آن را حول مولدش باز می‌نمایند.



شکل2-2

3-1- سیستم تصاویر مرکزی: در این سیستم صفحه‌ای در قطبین و یا نقاط دیگر بر بیضوی مماس نموده و سپس عوارض را بر روی آن تصویر می‌کنند. در صورتی که محل تماس قطبین باشند، مدارات به صورت دوایر متحدالمرکز که مرکز آن مرکز تصویر و نصف‌النهارات به صورت خطوط متقارب که از مرکز تصویر می‌گذرند در می‌آیند.



شکل2-3

نکته: به طور کلی سیستمی را نمی‌توان یافت که در آن سیستم، طول‌ها بدون تغییر بمانند. ولی در هر سیستمی تصویر عوارض و نقاطی که نزدیک به محل تماس صفحه تصویر و بیضوی هستند، ابعاد و طول‌هایشان روی سیستم تصویر محفوظ باقی می‌ماند یا تغییرات به صورتی است که می‌توان از آن صرف نظر نمود.

تعریف: قسمتی که تغییرات طولی در آن وجود ندارد یا ناچیز است، را میدان عمل سیستم تصویر گویند.

2 - سیستم تصویر از نظر تغییر شکل در تصاویر

2-1- سیستم‌های تصویر مشابه[1]: در این سیستم مقدار زوایا ثابت می‌ماند. به علت اهمیت زوایا در نقشه‌برداری این حالت در نقشه‌برداری بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

2-2-سیستم‌های تصویر معادل[2]: در این سیستم‌ها مساحت‌ها ثابت می‌مانند. (مثل سیستم تصاویر مرکزی گونومونیک در نقشه‌برداری دریایی)

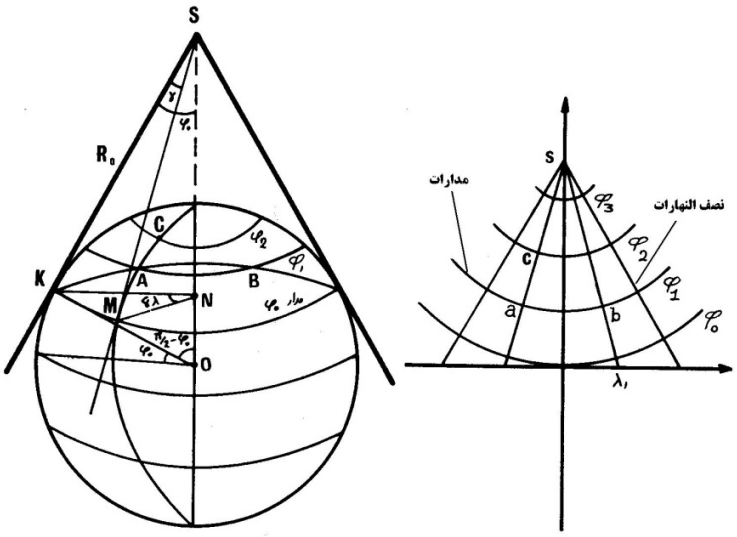
2-3-سیستم‌هایی که نه متشابه‌اند نه معادل: در بعضی موارد ممکن است زوایای مرکزی یا طول‌های شعاعی به طور خاص ثابت بمانند.(سیستم تصویر پلی‌گونیک در نقشه برداری دریایی)

نکته: برای یک منطقه بزرگ هیچ سیستم تصویری نمی‌توان یافت که هم معادل باشد هم مشابه

انواع سیستم‌های تصاویر مشابه

1-سیستم تصویر مرکزی استریوگرافیک: مانند شبکه ولف و شبکه اشمیت

2-سیستم تصویر مخروطی لامبرت[3]:



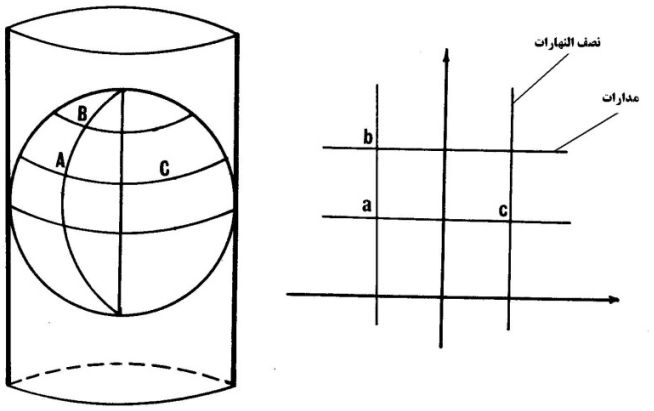
شکل2-3

[1] -Conform
[2] -Equivalant
[3] - Projection Lambert

نکته: اگر نقاط A وB روی مدار $\emptyset_0$ و A و C روی نصف النهار λ_1 باشند، بعد از تصویر به صورت a,b,c خواهند بود و چون سیستم مشابه است، داریم:

$$\frac{ab}{AB} = \frac{ac}{AC}$$

3- سیستم تصویر استوانه‌ای مرکاتور[1]: در این سیستم تصویر، استوانه‌ای را بر بیضوی مماس نموده و عوارض نزدیک آن را بر روی بدنه استوانه تصویر می‌نمایند. از این سیستم برای مناطق نزدیک استوا استفاده می‌شود و خارج از آن دقت خود را از نظر مشابه بودن از دست می‌دهد.



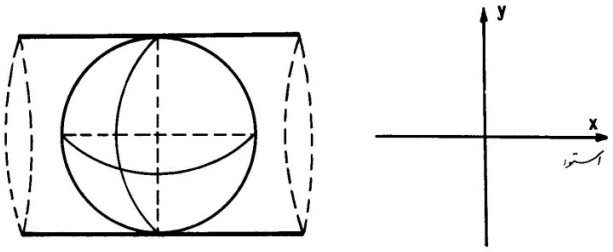
شکل2-4

4-سیستم تصاویر استوانه‌ای ترانسور- مرکاتور[2]: مشابه حالت قبلی است. با این تفاوت که به جای استوا هر دایره عظیمه دیگری را می‌توان انتخاب کرد.

5-سیستم تصویر استوانه‌ای یونیورسال، ترانسور، مرکاتور(U.T.M.)[3]: این سیستم، سیستم تصویر بین المللی است. در این سیستم تصویر به جای استوا، استوانه را حول یکی از نصف النهارات بر بیضوی مماس نموده و سپس عوارض را بر روی آن تصویر می‌نمایند. بنابراین می‌توان به تعداد نصف النهارات استوانه بر بیضوی و یا کره مماس نمود. برای جلوگیری از تعدد استوانه‌های تصویری، کره را به وسیله نصف‌النهارات به 60 قسمت که هر قسمت را یک زون[4] یا قاچ می‌نامند تقسیم نموده حول نصف‌النهار مرکزی هر زون، استوانه‌ای بر بیضوی یا کره مماس نموده اعمال مربوطه را انجام می‌دهند. در ضمن این تقسیم‌بندی طوری است که نصف‌النهار مرکزی قاچ سی‌ام منطبق بر نصف النهار گرینویچ می‌باشد. با توجه به مطالب فوق دامنه تصویر برای هر زون نسبت به نصف‌النهار مرکزی مربوطه 3 درجه در شرق و 3 درجه در غرب نصف‌النهار مرکزی می‌باشد. چون فصل مشترک صفحه نصف النهار با کره یک دایره است، بنابراین هر دو زون متقابل دارای یک نصف النهار مرکزی می‌باشند. با توجه به شکل سیستم تصویر مشخص می‌شود که محور x منطبق بر استوا و محور y منطبق بر نصف‌النهار مرکزی می‌باشد و برای اینکه x وy منفی نداشته باشند مقدار 500000 متر و 1000000 متر به x وy مبدأ اضافه می‌نمایند. این سیستم تصویر به عنوان سیستم تصویر بین‌المللی انتخاب شده است. کد زونهای کل کره زمین در شکل 2-6 آمده است.

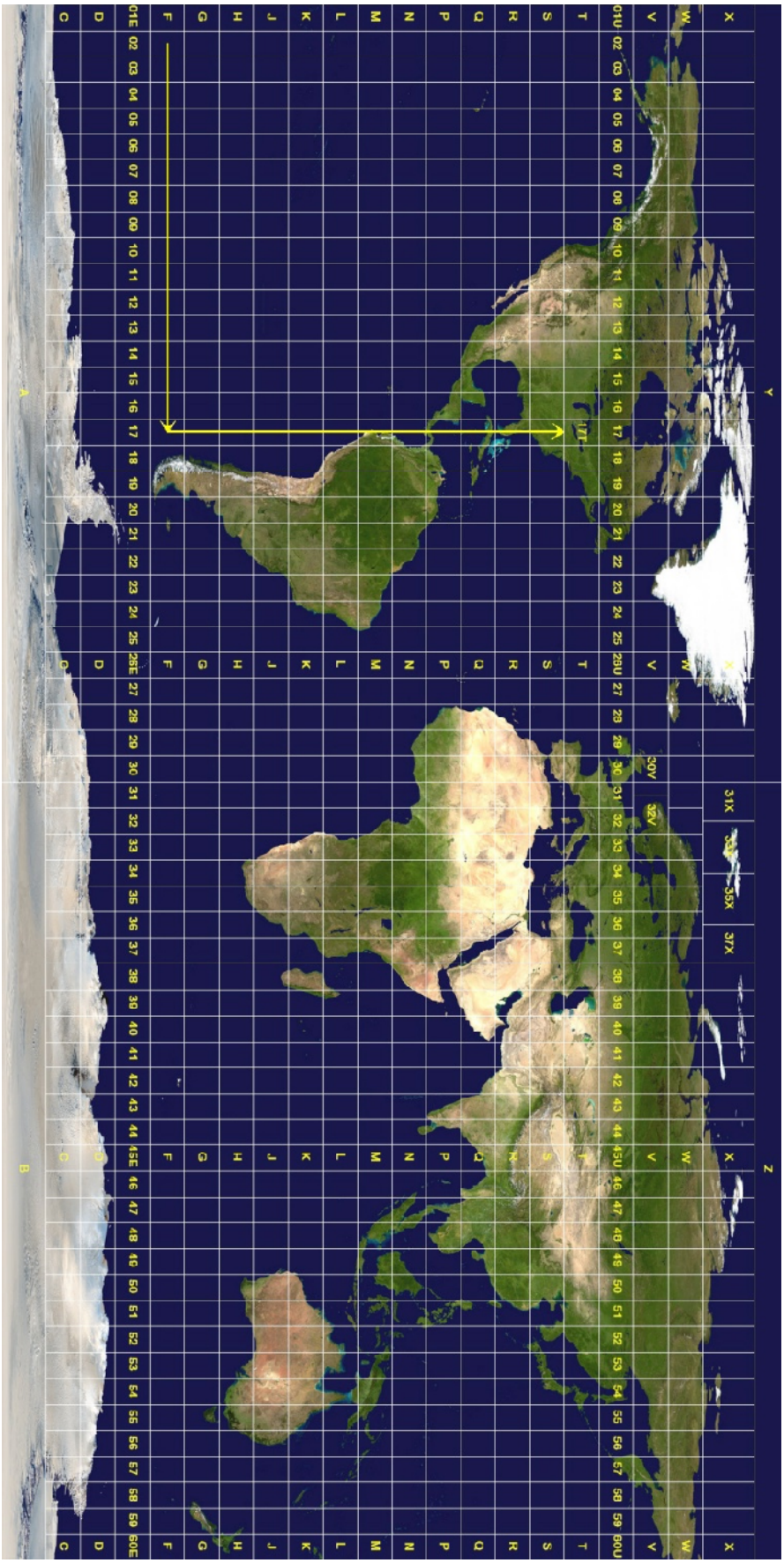
امروزه با پیدایش ماهواره و امکان انجام ژئودزی فضایی عملاً از بیضوی‌ها و سیستم .W.G.S (سیستم جهانی ژئودزی)[5] استفاده می‌شود.

[1] - Projection Mercator
[2] -Transverse Mercator
[3] -Universal Transverse Mercator: U.T.M.
[4] -Zone
[5] -Word Geodesy System: W.G.S.



شکل2-5

سیستم تصویر	شکل (صفحه تصویر)	حالت	محل تماس ویا نوع شبکه	محاسبات تبدیل قوس به وتر	محاسبات ضریب اشل	قابل استفاده در نقشه برداری	قابل استفاده در نقشه برداری دریائی	ملاحظات
لامبرت		مشابه	مماس حول یک مدار ویا تقاطع با دو مدار	زیاد ساده نیست	ساده	بله	بله ولی نه اغلب	
مرکاتور		مشابه	حول استوا	ساده	ساده	بله	بله	برای اطراف استوا و نقشه‌های کوچک مقیاس مورد استفاده است .
انیورسال ترانسورمرکاتور		مشابه	حول نصف النهار	ساده	ساده	بله	نه	سیستم تصویر بین المللی است
ترانسور مرکاتور		مشابه	حول دایره عظیمه	ساده	ساده	نه	بله	
استریو گراف		مشابه	مماس بر قطب مرکز تصویر قطب دیگر	پیچیده	پیچیده	بله	نه	برای مناطق قطبی و نقشه مناطقی که بین 80° تا 90° عرض دارد ، جواب می‌دهد
گنومونیک		معادل	مماس بر بیضوی مرکز تصویر مرکز آن	پیچیده	پیچیده	نه	بله	برای نقشه‌های کوچک مقیاس
پلی گونیک		ـــــ	ـــــــــ	پیچیده	پیچیده	نه	بله	برای نقشه‌های نمایشی ونقشه‌های آسمان



فصل سوم

تجهیزات نقشه برداری

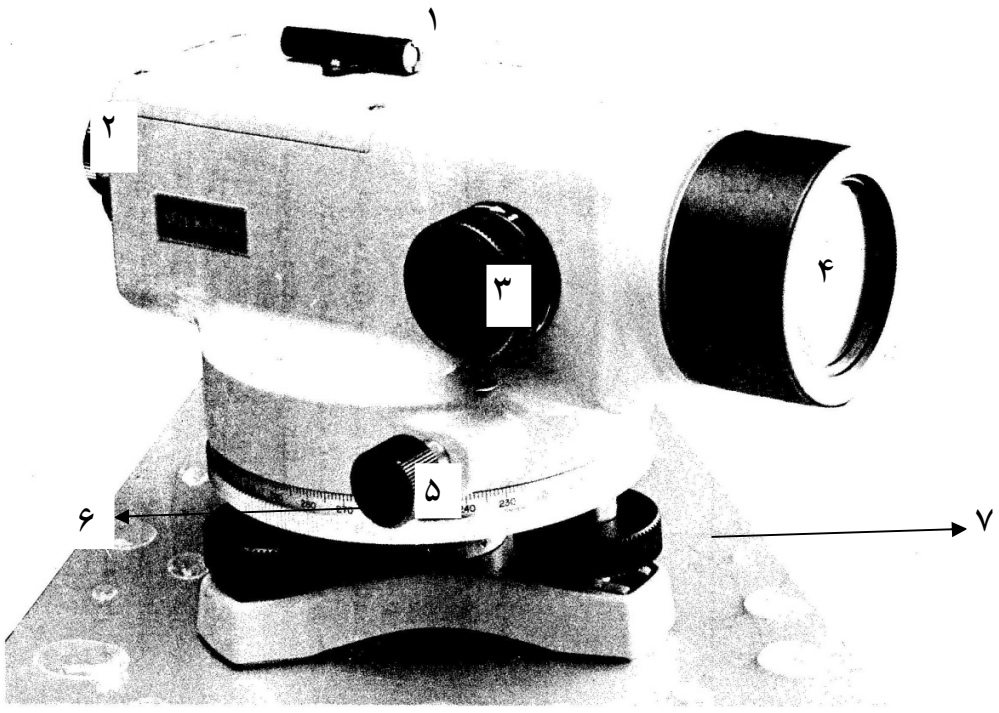
ترازیاب

دستگاه ترازیاب یا نیوو از سه قسمت زیر تشکیل شده است:

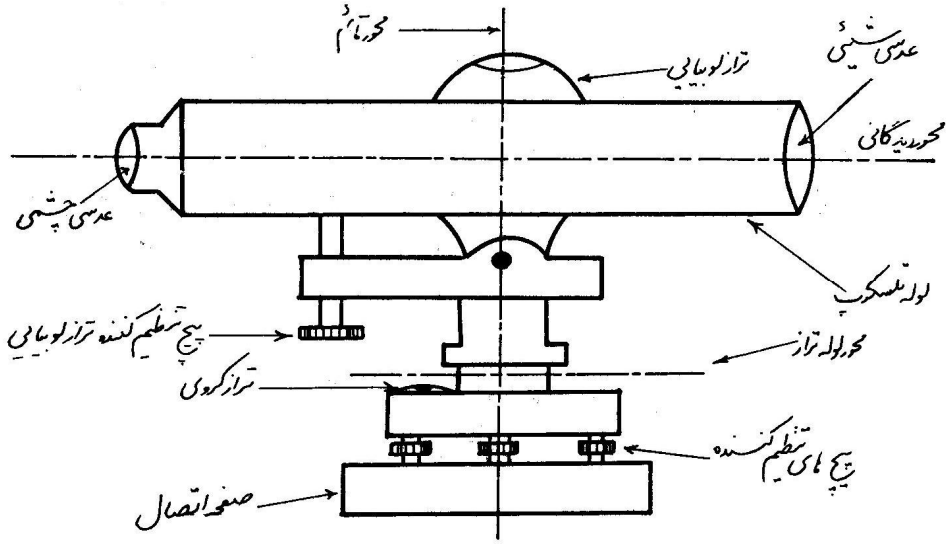
قسمت فوقانی: که شامل تلسکوپ و وسائل قراول روی می‌باشد.

قسمت میانی: که شامل تراز، قسمتی از بدنه و در بعضی ترازیاب‌ها لمب افقی (دایره مدرج افقی) برای اندازه گیری زاویه‌های افقی می-باشد.

قسمت تحتانی: شامل پیچ‌های تراز کننده و اتصال صفحه دستگاه بر روی سه پایه می‌باشد.



1- مگسک 2- عدسی چشمی و پیچ تنظیم تارهای رتیکول 3- پیچ وضوح تصویر 4- عدسی شیئی
5- پیچ حرکت آهسته افقی 6-دایره مدرج افقی 7- پیچ تراز



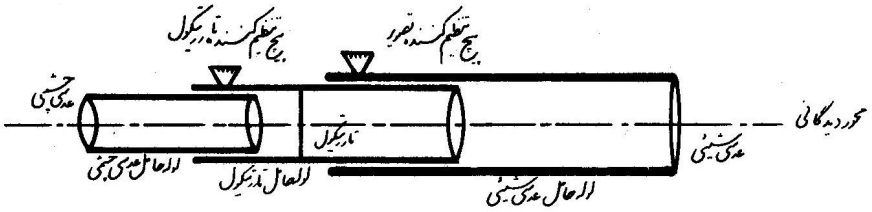
شکل3-1- اجزای یک ترازیاب

تلسکوپ دستگاه:

مطابق شکل 3-2 تلسکوپ شامل عدسی شیئی، عدسی چشمی، لوله تلسکوپ، صفحه رتیکول، پیچ‌های تنظیم کننده تصویر، پیچ تنظیم کننده تارهای رتیکول، محور کلیماسیون، محور عدسی‌ها می‌باشد.

محور عدسی‌ها: خطی است که مرکز عدسی شیئی را به مرکز عدسی چشمی وصل می‌نماید.

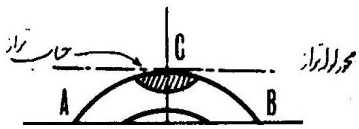
محور کلیماسیون یا محور دیدگانی: خطی است که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی‌های شیئی و چشمی وصل می‌کند. به عبارتی چنانچه دستگاه فاقد خطا بوده و از تنظیم خارج نشده باشد، در این صورت کانون‌های دو عدسی و مرکز تارهای رتیکول روی یک خط قرار خواهند گرفت. در غیر این صورت خطایی ایجاد می‌شود که به آن خطای **کلیماسیون**[1] گویند.



شکل3-2

[1] -Collimation

تراز:



قسمتی از یک لوله شیشه‌ای است که بخشی از آن از مایعی مانند الکل، اتر یا سولفور دی کربن پر می‌شود و قسمت کوچکی نیز با گاز همان مایع پر می‌شود. قسمت حاوی گاز را **حباب تراز** می‌نامند.

محور لوله تراز: خطی است که در مرکز حباب تراز بر لوله تراز مماس باشد. اگر دستگاه تراز باشد، این خط موازی محور کلیماسیون است. در غیر این صورت دستگاه دارای خطای کلیماسیون می‌باشد.

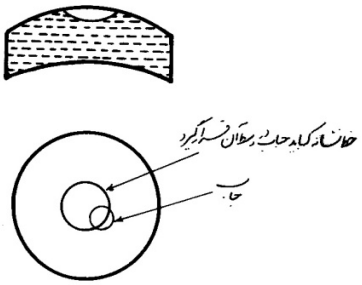
محور قائم یا محور اصلی:

محوری است که امتداد قائم(شاقولی) را نشان می‌دهد. چنانچه دستگاه تراز باشد امتداد قائم بر محور لوله تراز عمود است و دستگاه حول این محور دوران می‌نماید و چون تمام اندازه گیری‌ها متکی به این محور است، بایستی قائم بودن این محور به خوبی (توسط تراز) محقق شود. بنابراین وقتی دستگاه تراز است یعنی محور قائم دستگاه بر امتداد شاقولی مکان منطبق است.

انواع ترازها

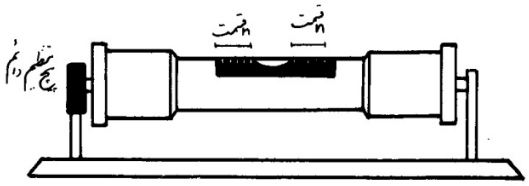
در نقشه برداری معمولاً چهار نوع تراز به کار برده می‌شود:

الف- تراز های کروی:



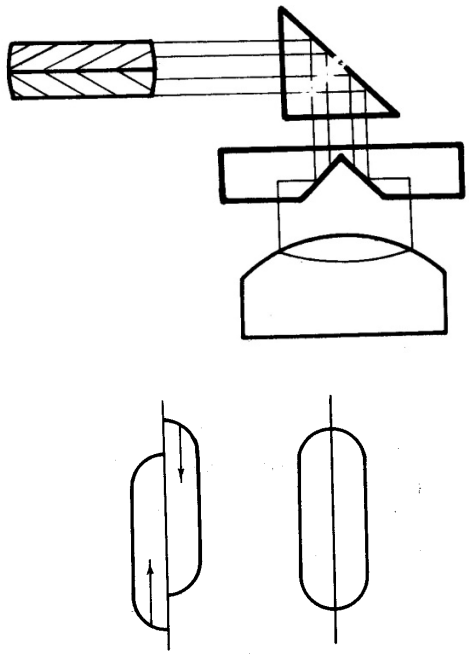
شکل3-3

ب- تراز استوانه‌ای:



شکل3-4

ج- تراز لوبیایی: یک تراز استوانه‌ای است که در بالای آن یک سیستم منشوری قرار دارد و تصویر در انتها به صورت دو لپه لوبیا در می‌آید. وقتی دستگاه تراز باشد دو لپه لوبیا بر هم منطبق می‌شوند(شکل 3-4). شکل3-5 نمونه هایی از حالت تراز و قبل از تراز را در مورد ترازهای لوبیایی نشان می‌دهد.

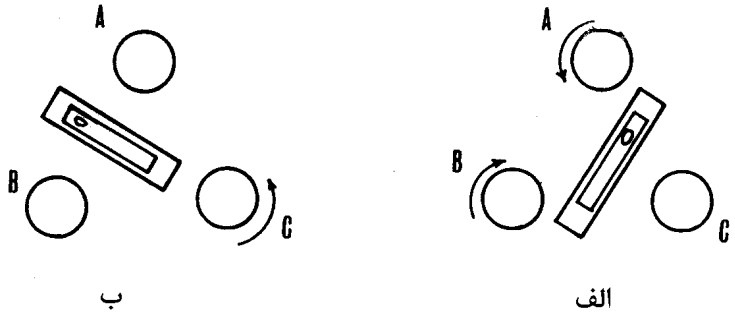


شکل3-5

د- تراز اتوماتیک: این ترازها طوری ساخته شده‌اند که خط قراول روی آن بعد از تنظیمات لازم، تحت شرایط و اثرات قوه ثقل به طور خودکار افقی بماند. این کار در دستگاه‌های ترازیاب پیشرفته و اتوماتیک امروزی، با استفاده از قطعه‌ای به نام **کمپانساتور** انجام می‌شود. دقت این دستگاه‌ها در حدود ± 5 ثانیه (معادل دقت ترازیاب‌های حباب‌دار)است.

نحوه تراز کردن دستگاه

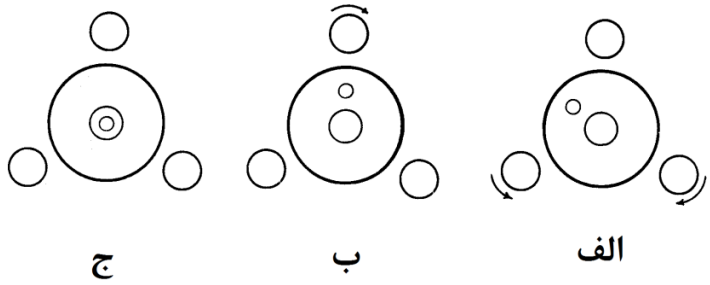
الف- تنظیم تراز استوانه‌ای: برای تنظیم ترازهای استوانه‌ای در حالتی که دوربین سه پیچ تنظیم کننده تراز داشته باشد لوله تراز را موازی دو پیچ قرار داده (شکل 3-6-الف) و با پیچاندن پیچ A و B در دو جهت مخالف (هر دو به داخل و یا به خارج) حباب را به وسط هدایت می‌نماییم. سپس دستگاه را دوران می‌دهیم تا تراز در مقابل پیچ سوم C قرار بگیرد(شکل 3-6-ب). با چرخاندن پیچ سوم تراز را به محل خود هدایت می‌نماییم. این عمل ممکن است چند بار دیگر تکرار شود تا اینکه دستگاه کاملاً تراز گردد. بعد از تراز کردن کامل، دستگاه را هر طرف بچرخانید تراز تغییر نمی‌کند.



ب الف

شکل3-6

ب- تنظیم تراز کروی: این تراز راحت‌تر از تراز استوانه‌ای تراز می‌شود. برای تراز کردن آن کافی است با دو پیچ حباب را در مقابل پیچ سوم قرار داد (شکل 3-7) و با چرخاندن پیچ سوم حباب را به داخل محفظه هدایت نمود.

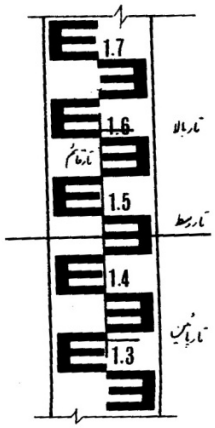


ج ب الف

شکل3-7

نکته: در ترازیاب‌های مهندسی جدید برای افزایش سرعت، به جای تراز دستی یک تراز اتوماتیک قرار داده‌اند و عمل آن با وارد کردن شوک به دستگاه (با فشار یک دکمه) انجام می‌گیرد. یعنی پاندولی که به وسیله یک نخ بی وزن در دستگاه کار گذاشته شده به نوسان درآمده و محور قائم را بر محور لوله تراز عمود می‌نماید.

میر یا شاخص مدرج



وسیله دیگری که در ترازیابی لازم است، شاخص مدرج یا میر است. این وسیله، قطعه چوبی یا فلزی مدرجی است که معمولاً طول آن 4 یا 5 متر و در حالت‌های 4 تکه یا کشویی مطابق شکل ساخته می‌شود. معمولاً عدد روی شاخص 4 رقمی و با واحد میلی متر قرائت می‌شود. برای مثال در شکل تار وسط روی عدد 1475 mm و تار بالا روی عدد 1610 و تار پایین روی عدد 1340 میر را قطع نموده است. برای ترازیابی معمولاً قرائت تار وسط کافی است.

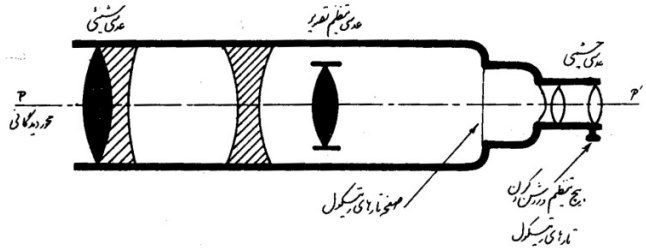
دستگاه زاویه‌یاب (تئودولیت)

هر تئودولیت به طور کلی دارای سه قسمت است که هر قسمت نیز شامل ملحقاتی می‌باشد.

الف - قسمت فوقانی:

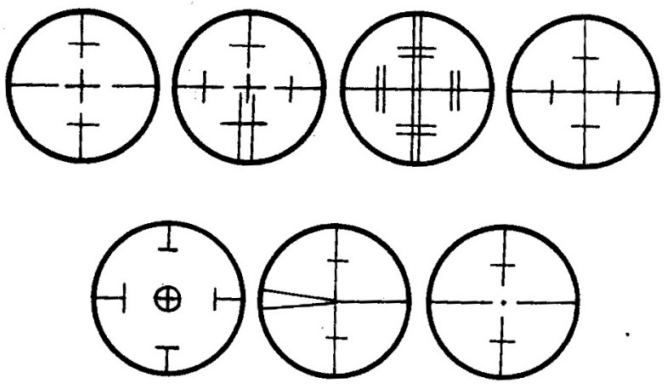
قسمت فوقانی تئودولیت، شامل قسمت‌های اصلی و ملحقات زیر است:

1- دوربین یا تلسکوپ که معمولاً از نوع دوربین‌های نجومی است. تلسکوپ علاوه بر عدسی‌های چشمی و شیئی که قسمت اصلی تلسکوپ را تشکیل می‌دهد، ممکن است به چندین عدسی یا منشور و یا دیگر وسایل نوری برای واضح دیدن تصاویر مورد نظر و همین طور پیچ‌های مخصوص تنظیم برای روشن و واضح کردن تصاویر مجهز باشد(شکل 3-8).



شکل3-8

2- صفحه تارهای رتیکول که در داخل تلسکوپ دوربین طوری کار گذاشته شده که مرکز تارها (تار وسط) بر محور عدسی‌ها (خط واصل کانون‌های عدسی‌های چشمی و شیئی) منطبق بوده و محور دیدگانی به درستی تشکیل گردد. شکل3-9 صفحه تارهای رتیکول را که در انواع تئودولیت مورد استفاده است، نشان می‌دهد.



شکل3-9

3- میکروسکوپ قرائت زاویه: این قطعه برای قرائت اعداد روی لمب قائم (نقاله مدرج قائم برای اندازه‌گیری زاویه قائم) و لمب افقی (نقاله مدرج افقی برای اندازه‌گیری زاویه افقی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این میکروسکوپ متصل به تلسکوپ دوربین است.

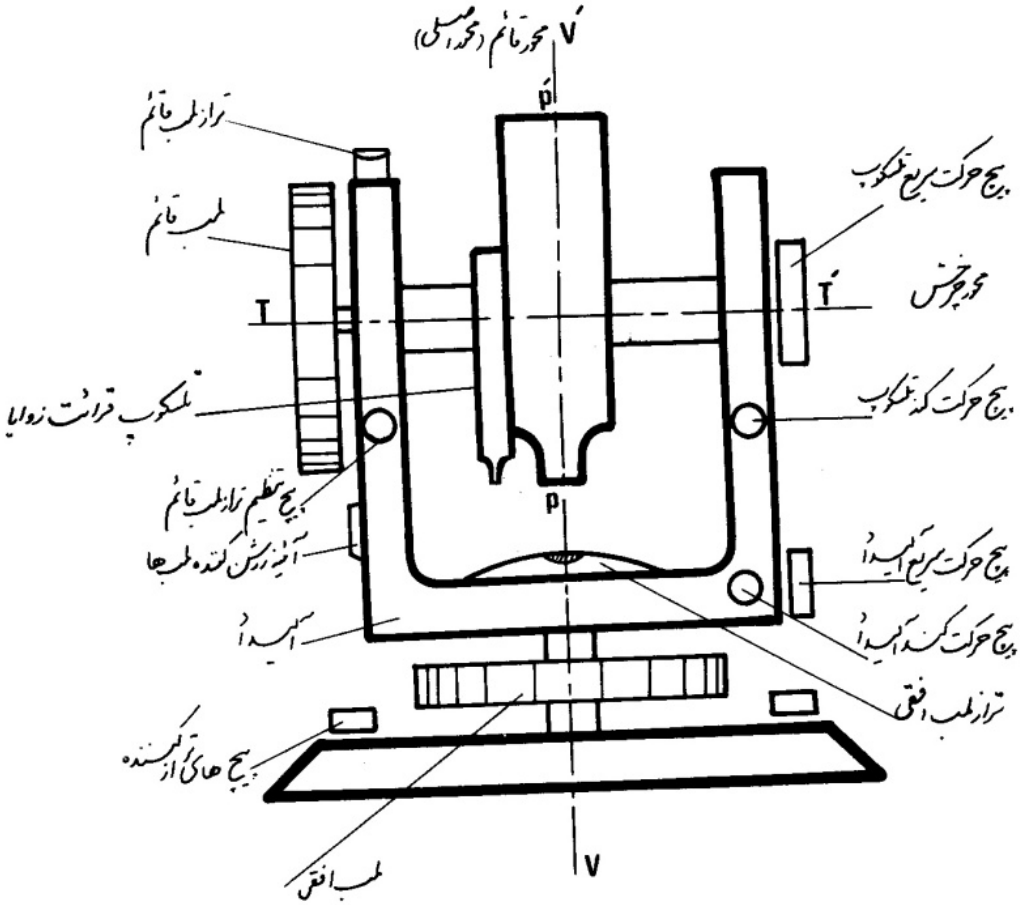
4-آلیداد که از یک فلز به شکل U تشکیل شده است. در تئودولیت تلسکوپ بر روی آلیداد تکیه دارد. آلیداد همچنین شامل لمب قائم، تراز لمب قائم و تراز لمب افقی، پیچ‌های حرکت کند و سریع آلیداد و پیچ تنظیم تراز قائم (تراز لوبیایی) می‌باشد.

با توجه به شکل 3-10 مشاهده می‌شود که هر تئودولیت به طور کلی شامل سه محور اصلی است:

a- محور قائم یا محور اصلی (محور VV'): این محور در راستای شاقولی بوده و از مرکز تلسکوپ می‌گذرد. در صورت تراز بودن تئودولیت، آلیداد حول این محور دوران می‌نماید. تئودولیت بعد از استقرار زمانی سانتراژ است که این محور از نقطه بنچ مارک مورد نظر نیز عبور کند. محور قائم از مرکز لمب افقی عبور می‌کند.

b- محور چرخش یا محور ثانوی (محور TT'): محوری که تلسکوپ بر روی یک صفحه قائم دلخواه حول آن دوران می‌کند. این محور از مرکز لمب قائم عبور می‌کند.

c- محور دیدگانی: محوری که در صورت عدم خطای دستگاه از کانون عدسی شیئی، مرکز تارهای رتیکول و کانون عدسی شیئی عبور می‌کند.



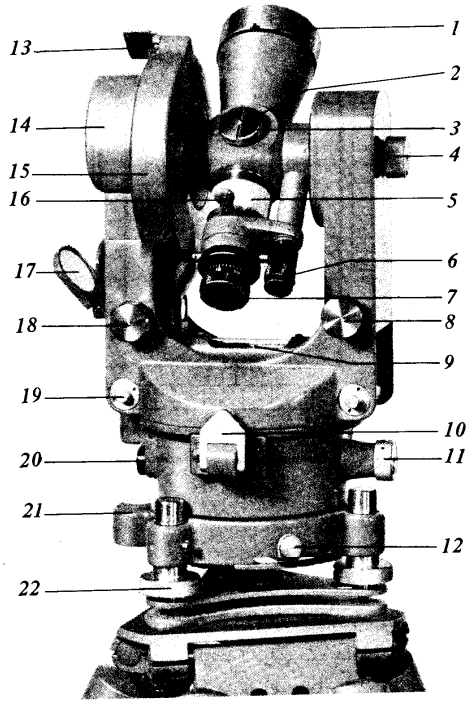
شکل3-10

ب - قسمت میانی:

محفظه‌ای است که لمب افقی در آن قرار دارد.

ج - قسمت تحتانی:

شامل ترابرک پیچ‌های تنظیم کننده تراز، تراز کروی، صفحه اتصال ترابرک به سه پایه و تلسکوپ شاقول اپتیک می‌باشد.

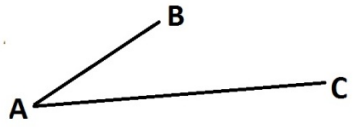


۱ ــ مگسک
۲ ــ نقطه نشانه مرکزی
۳ ــ پیچ آینه مخصوص شب
۴ ــ پیچ حرکت سریع تلسکوپ
۵ ــ پیچ تنظیم تصویر
۶ ــ میکروسکوپ قرائت زاویه
۷ ــ عدسی چشمی
۸ ــ پیچ حرکت کند تلسکوپ
۹ ــ تراز استوانه‌ای
۱۰ ــ قفل لمب
۱۱ ــ پیچ حرکت سریع در سمت
۱۲ ــ پیچ جداکننده ترابرک
۱۳ ــ آینه تراز لوبیایی
۱۴ ــ پوشش تراز لوبیایی
۱۵ ــ پوشش لمب قائم
۱۶ ــ شکاف درجه برای قراولروی
۱۷ ــ آینه تنظیم نه، لمب‌ها
۱۸ ــ پیچ تراز لمب قائم (لوبیایی)
۱۹ ــ محل قرارگرفتن در جعبه تئودلیت
۲۰ ــ پریز آلیداد
۲۱ ــ تراز گروی
۲۲ ــ پیچ تنظیم تراز

شکل3-11- اجزای یک تئودولیت

اندازه گیری زاویه به وسیله تئودولیت

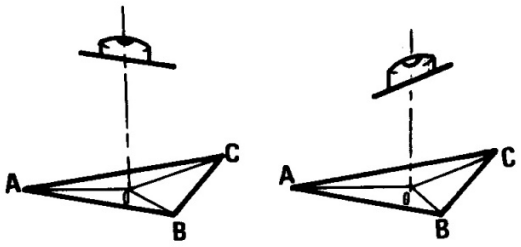
فرض کنیم هدف اندازه گیری زاویه BAC می‌باشد:



1- ابتدا اپراتور تئودولیت را بر روی سه پایه محکم نصب می‌نماید، سپس سه پایه را متناسب با قد خود و روی نقطه A مستقر می‌کند. برای اندازه‌گیری زاویه رأس A دستگاه را بایستی طوری روی نقطه A قرار دهد که محور قائم درست از نقطه A بگذرد. برای این کار ممکن است از شاقول اپتیک یا شاقول وزنه‌ای استفاده شود. به این صورت که ابتدا یکی از پایه‌های سه پایه را روی زمین ثابت نگه داشته دو پایه دیگر را در دست گرفته و حرکت داد تا اینکه نقطه A از شاقول اپتیک دیده شود یا در نزدیکی شاقول وزنه‌ای قرار گیرد. حال دو پایه دیگر را نیز در زمین تثبیت می‌کنیم و

توسط پیچ‌های تراز شاقول اپتیکی روی نقطه A قرار داده می‌شود. سپس با بلند و کوتاه کردن پایه‌های سه پایه تراز کروی را تنظیم می‌کنیم. حال تراز استوانه‌ای را که در وسط آلیداد قرار دارد با پیچ‌های تنظیم تراز به قرار زیر تنظیم می‌کنیم.

ابتدا آلیداد را در مقابل دو پیچ قرار داده و با پیچاندن آنها در خلاف جهت هم (هر دو پیچ به طرف خارج یا هر دو به طرف داخل) حباب تراز به وسط هدایت می‌شود. سپس آلیداد را در مقابل پیچ سوم قرار داده و با پیچاندن آن (فقط پیچ سوم) در جهت لازم باز هم حباب به وسط هدایت می‌شود. شکل 3-12 مراحل بالا را نشان می‌دهد.

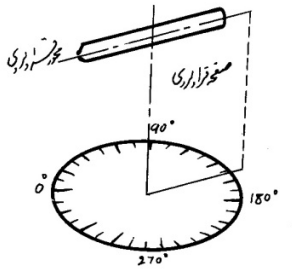


شکل3-12

برای کنترل آلیداد به حالت اول برگردانده می‌شود که در صورت عدم تراز بایستی عملیات دوباره انجام شود. بعد از انجام تراز دوباره شاقول اپتیکی یا شاقول وزنه‌ای را کنترل نموده و در صورت عدم انطباق راستای شاقول بر نقطه A با شل کردن پیچ اتصال تئودولیت به سه پایه، تئودولیت را روی سه پایه حرکت داده تا دوباره نقطه A در امتداد محور قائم قرار گیرد. بعد از این عمل باید دوباره تراز استوانه‌ای کنترل و تنظیم شود.

2- نشانه روی به نقطه B : پیچ حرکت تند آلیداد و تلسکوپ را باز نموده و از مگسک تعبیه شده روی تلسکوپ به نقطه B نشانه روی کرده بعد از دیدن نقطهB حرکت تند دوربین را قفل و اپراتور توسط پیچ‌های مربوطه نقطه B و تارهای رتیکول را برای چشم خود روشن و با پیچ‌های حرکت کند تلسکوپ و آلیداد، نقطهBرا در وسط تارهای رتیکول قرار می‌دهد. این عمل را **نشانه‌روی** و صفحه‌ای که محور قائم و خط قراولروی را تشکیل می‌دهد صفحه قراولروی می‌گویند.

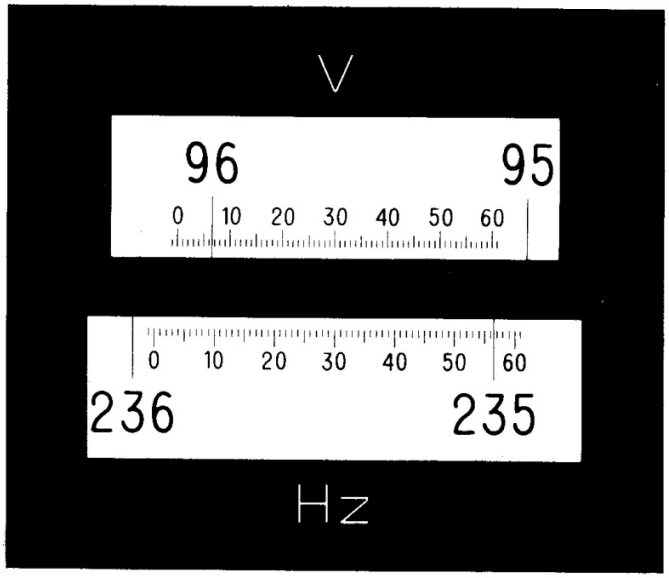
3- قرائت لمب روی نقطه B: همان طور که اشاره شد هر تئودولیت دارای دو نقاله یا لمب مدرج قائم و افقی است. با توجه به شکل 3-13 ملاحظه می‌شود که هر گاه آلیداد حول محور قائم خود دوران کند مقدار زاویه افقی هم‌زمان با صفحه نشانه روی از 0 تا 360 درجه تغییر می‌کند و هر امتداد، عددی از درجات را مشخص می‌نماید.



شکل3-13

در بعضی از تئودولیت ها صفر لمب توسط ضامنی در اختیار نقشه بردار و در بعضی لمب‌ها شامل یک تیغه مغناطیسی می‌باشد. بنابراین صفر همواره بر روی شمال مغناطیسی قرار گرفته و مستقیماً آزیموت مغناطیسی برای هر امتداد را می‌دهد. امروزه به علت وجود سیستم‌های نوری، از شیشه ساخته می‌شوند. با اینکه لمب ها با ماشین مخصوص و دقیق درجه‌بندی می‌شوند با توجه به قطر

محدود لمب‌ها معمولاً کوچک‌ترین تقسیمات آنها برای تئودولیت‌های مختلف از یک درجه تا 5 دقیقه تجاوز نمی‌کند. بنابراین برای قرائت تقسیمات کوچک مانند ثانیه از ورنیه یا میکرومتر استفاده می‌شود. شکل 3-14 نمونه‌ای از قرائت لمب را نشان می‌دهد.



Circle reading: Vertical 96°06.5′
Horizontal 235°56.4′

شکل3-14

بعد از قرائت لمب روی نقطه B و یادداشت آن به نقطه C نشانه روی و عملیات مشابه نقطه B انجام می‌گیرد. عدد قرائت شده روی نقطه B را از قرائت C کم نموده عدد حاصل مشخص کننده اندازه زاویه رأس A خواهد بود (در صورتی که صفر لمب در این بازه قرار نگیرد).

تذکر: در اغلب دوربین‌ها در موقع قرائت لمب قائم تراز لوبیایی (تراز لمب قائم) را با پیچ مخصوص خود بایستی تراز نمود.

فصل چهارم

اندازه گیری فاصله

تعریف: پیمودن دو نقطه مانند A وB را با یک واحد فاصله(مانند متر)، **اندازه‌گیری فاصله** گویند.

انواع مختلف اندازه گیری فاصله

1- اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم: در این روش فاصله بین دو نقطه را مستقیماً با واحد طول طی نموده و اندازه گیری می‌کنند.

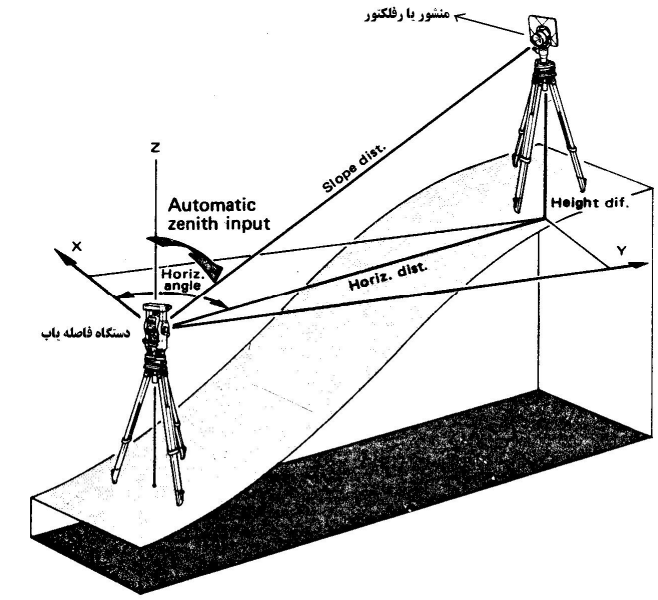
2- اندازه‌گیری فاصله به روش غیر مستقیم: در این روش فاصله بین دو نقطه را با اندازه‌گیری کمیت‌های دیگر مانند زاویه و با استفاده از روابط ریاضی و مثلثاتی اندازه گیری می‌کنند.

3- اندازه‌گیری فاصله با امواج رادیویی و نورانی: در این روش برای اندازه گیری فاصله از امواج الکترومگنتیک استفاده می‌کنند و نحوه محاسبه فاصله مورب با مقایسه فازهای رفت و برگشت و میزان تأخیر فاز است.

از زمانی که استفاده از این امواج در اندازه گیری طول مورد نظر قرار گرفت، تحول بزرگی در روش‌های نقشه برداری به وجود آمد. با پیشرفت در ساختن دستگاه‌های مختلف با دقت بسیار بالا، حتی فرم شبکه‌های مبنایی در کارهای نقشه برداری هم تغییر یافت و برای مثال می‌توان گفت روش پیمایش‌ها در اغلب موارد نقشه برداری جایگزین روش مثلث بندی گردید.

از عمده ترین مزایای استفاده از دستگاه‌های مسافت یاب موجی می‌توان موارد زیر را نام برد:

- دقت اندازه‌گیری‌ها به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است.
- اجرای کارهای اجرایی و عملی، با ترکیب استفاده از این دستگاه‌ها و کامپیوتر افزایش یافته است.
- اندازه گیری طول‌های بلند با هر شرایط نامناسب امکان پذیر گردیده است.



شکل4-1- روش اندازه گیری تاکئومتری با دستگاه‌های فاصله یاب الکترونیکی

اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم

الف - با وسایل کم دقت:

1- توسط قدم: قبل از شروع این روش، بایستی عامل یا کننده کار قدم‌های خود را با یک طول اندازه‌گیری شده توسط واحدی مانند متر اتالونه نموده و سپس فاصله مورد نظر را با قدم‌های استاندارد خود بسنجد. برای اینکه در شمارش قدم‌ها اشتباهی رخ ندهد ممکن است از وسایلی مانند قدم شمار(پاس متر) و یا پدومتر که به جای تعداد قدم‌ها مستقیماً فاصله پیموده شده را می‌دهد استفاده شود.

از این روش در تهیه کروکی و یا تعیین فواصل تقریبی نقاط استفاده می‌نمایند و دقت اندازه‌گیری توسط قدم در حدود $\frac{1}{50}$ می‌باشد.

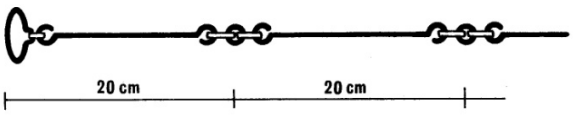
2- با استفاده از سرعت ثابت: در این روش با داشتن سرعت ثابت در واحد زمانی می‌توان فاصله را بدست آورد.

3- اندازه گیری فاصله با استفاده از پیرامون ثابت گردونه‌ای: در فاصله یابهای گردونه‌ای مانند دوچرخه با معلوم بودن محیط چرخ آن و تعداد دوری که برای پیمودن یک فاصله زده است، می‌توان فاصله دو نقطه را تعیین نمود.

4-اندازه گیری فاصله با استفاده از پیرامون استوانه دوار: در این طریق نخی به طول کافی دور استوانه‌ای پیچیده و با معلوم بودن تعداد دور ها و محیط متوسط استوانه می‌توان طول مورد نظر را بدست آورد. دقت در این روش حدود $\frac{1}{300}$ است.

ب - اندازه‌گیری فاصله با وسائل دقت متوسط

1- زنجیر مساحی: در این وسیله از مفتول‌های فلزی به طول 20 الی 25 سانتی‌متر استفاده می‌گردد. این مفتول‌ها به وسیله حلقه‌های فلزی به هم متصل می‌گردند. از پلاک‌های مختلف برای نشان دادن محل دسی متر و متر استفاده می‌شود. دقت این وسیله حدود $\frac{1}{1000}$ می باشد.



شکل4-2

2- متر پارچه‌ای و یا پلاستیکی: این وسایل برای اندازه گیری دقیق مورد استفاده نیست چرا که تغییر طول آنها در مقابل کشش و عوامل جوی مانند گرما و سرما برای نوع پلاستیکی و اثر رطوبت برای نوع پارچه‌ای زیاد است. دقت این وسیله بین $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{3000}$ می باشد.

3- متر های فلزی: این متر ها متداول‌ترین وسیله اندازه گیری در نقشه برداری می‌باشند و دقت آنها بسته به روش اندازه گیری می‌تواند تا $\frac{1}{5000}$ برسد. در شرایط خاص با رعایت و محاسبه خطاها و همچنین رعایت اصول متر کشی می توان به دقت $\frac{1}{10^5}$ نیز رسید.

ج - وسائل دقیق:

متر، سیم یا مفتول انوار[1]: این وسیله از آلیاژی به نام انوار که ترکیبی از نیکل و فولاد است ساخته می‌شود که ضریب انبساط طولی آن در مقابل گرما خیلی ناچیز است. این وسایل برای اندازه‌گیری باز[2] نقشه‌برداری و ژئودزی مورد استفاده است و در حالتی که دقت‌های لازم و

[1] - Invar
[2] -Base

شرایط کار خوب اجرا شود دقت این وسیله به $\frac{1}{10^6}$ می رسد. باید توجه داشت نوار کشی با این وسیله نسبتاً سخت بوده و حتماً بایستی نوار را روی سه پایه ای که دو تا وزنه به آن آویزان است قرار داده و عمل متر کشی را انجام داد. طول این متر معمولاً 20 متر می باشد.

اصول متر کشی

چون اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم توسط متر فلزی همواره مورد استفاده است، به مراحل متر کشی اشاره می‌گردد.

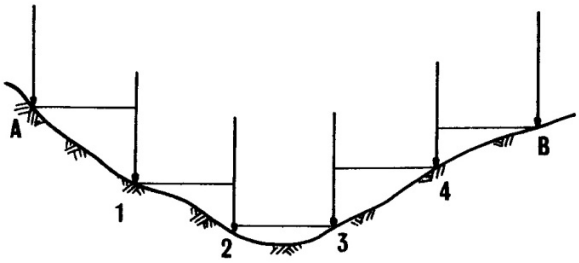
1- امتداد گذاری: فاصله‌های زیاد را به وسیله متر نمی‌توان یکباره اندازه گرفت، لذا با به کار بردن میخ‌های چوبی و ژالون، آنها را به طول-های کوچک‌تر (انتخاب این طول‌ها تابع وضعیت توپوگرافی زمین است) تقسیم می‌نماییم به طوری که کلیه میخ‌ها در یک راستا قرار داشته باشند. برای انجام این کار از چشم و یا وسائل دیگر نقشه برداری مانند تئودولیت استفاده می‌کنند. باید توجه داشت که استفاده از ژالون برای در امتداد قرار دادن میخ‌ها ضروری است. نحوه کار به این صورت است که شخص ناظر در ابتدای مسیر قرار می‌گیرد یا دوربین در ابتدای مسیر روی نقطه ابتدایی سانتراژ می‌گردد، یک ژالون نیز روی نقطه انتهایی قرار می‌گیرد، سپس باید سعی کرد با استفاده از مسیر مستقیمی که شعاع نوری طی می‌کند ژالون سوم را در محل دلخواه بین نقطه ابتدایی و انتهایی طوری قرار داد تا درست در مقابل ژالون انتهایی قرار گیرد. بعد از این کار نقطه را با میخ چوبی مشخص می‌کنیم. این کار را می‌توان به تعداد دلخواه بین دو نقطه ابتدایی و انتهایی و با فواصل دلخواه انجام داد.

2- علامت‌گذاری روی میخ‌های چوبی کوبیده شده برای اینکه اندازه‌گیری بین دو علامت میخ با دقت انجام شود.

3- متر کشی و قرائت متر و یادداشت آن

متر کشی در زمین‌های شیب‌دار و ناهموار به یکی از دو صورت زیر انجام می‌شود،

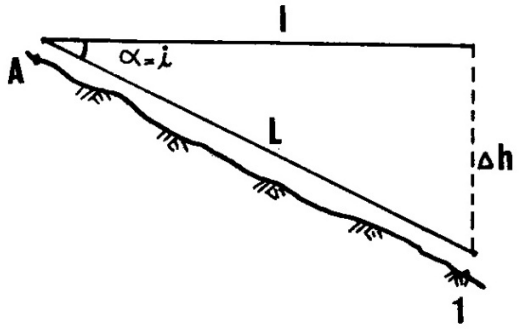
الف- متر کشی به صورت افقی: در این روش فاصله بین دو نقطه امتداد گذاری را متناسب با شیب زمین انتخاب نموده، سپس به کمک ژالون یا شاقول به صورت افقی اندازه‌گیری می‌کنیم. باید با بالا و پایین بردن متر حالتی پیدا شود که متر کوتاه‌ترین فاصله را داشته باشد یا اصطلاحاً متر افقی یا تراز باشد(شکل 4-3).



شکل4-3

ب- اندازه‌گیری در امتداد شیب: در این حالت متر به موازات شیب کشیده شده و زاویه شیب توسط شیب سنج و یا زاویه‌یاب اندازه‌گیری می‌شود. سپس با رابطه $l = L \times Cos\alpha$ می‌توان طول افقی را بدست آورد. چنانچه اختلاف ارتفاع را از روش دیگری بدست آورده باشیم یا برای ما معلوم باشد فاصله افقی از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است(شکل 4-4). $l^2 = L^2 - \Delta h^2$

در صورتی که هدف تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه باشد، می‌توان مقدار اختلاف ارتفاع را از رابطه $\Delta h = L \times Sin\ \alpha$ بدست آورد.



شکل4-4

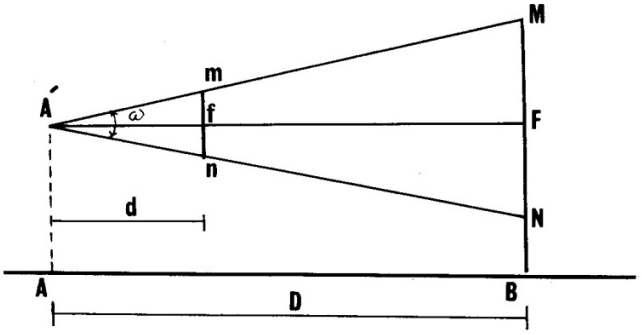
اندازه‌گیری فاصله به روش غیر مستقیم

الف - روش استادیمتری

وسیله‌ای که برای این روش استفاده می‌شود، استادیمتر نام دارد و محاسبات آن بر اساس قضیه تالس استوار است. مطابق شکل4-5 با هدف بدست آوردن فاصله AB در نقطه B یک شاخص مدرج به طور قائم نگه داشته و در فاصله d از نقطه A یک خط-کش به طول $\overline{mn}$ را موازی میر قرار می‌دهیم. حال از نقطه A' (قائم نقطه A) به دو سر خط کش پرتو نوری می‌تابانیم. این پرتو، میر نقطه B را روی اعداد M و N قطع می نماید. از قضیه تالس داریم:

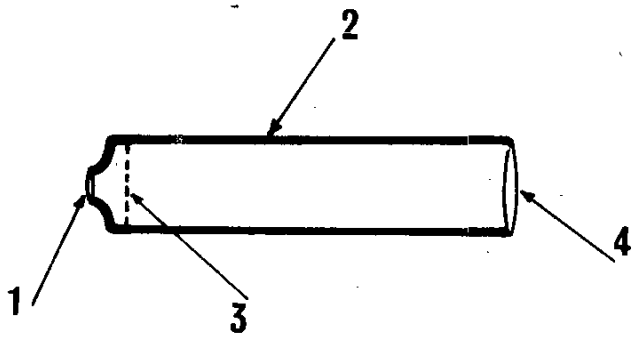
$$\frac{d}{D} = \frac{\overline{mn}}{\overline{MN}} \Rightarrow D = \overline{AB} = \frac{d}{mn} \times \overline{MN}$$

با معلوم بودن d و$\overline{mn}$ و اندازه‌گیری MN می‌توان فاصله AB را بدست آورد. اگر از مقادیر d و $\overline{mn}$ و MN دو مقدار آن ثابت و معلوم باشد با اندازه گیری مقدار سوم می‌توان فاصله AB را بدست آورد.



شکل 4-5

باید توجه کرد در تلسکوپ هر دوربین اعم از ترازیاب و زاویه‌یاب (شکل4-6) اجزای اصلی زیر برای اندازه‌گیری زاویه و یا اختلاف ارتفاع یا فاصله وجود دارد.

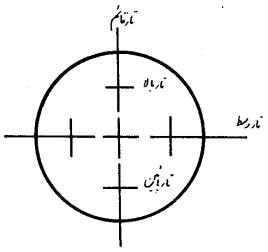


شکل4-6

1-عدسی چشمی که ممکن است از چند عدسی محدب تشکیل شده باشد.

2- بدنه یا لوله تلسکوپ که با توجه به دقت و بزرگنمایی دوربین ممکن است چندین عدسی و منشور در آن کار گذاشته شود.

3-صفحه تارهای رتیکول که معمولاً از شیشه‌ای است با ضریب شکست بسیار ناچیز که تارهای بسیار ظریفی که بدون چشم مسلح قابل رؤیت نیست در روی آن تعبیه شده که در حالت کلی به شکل زیر می‌باشد.



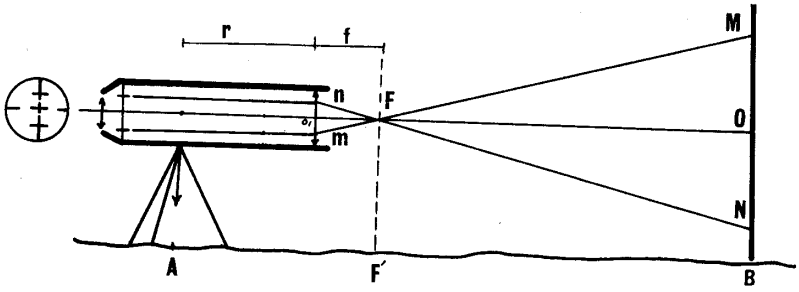
شکل4-7

چنانچه ملاحظه می‌شود در روی صفحه، تارهای رتیکول طوری تعبیه شده‌اند که برای اندازه‌گیری فاصله از میر های افقی نیز می‌توان استفاده نمود.

4-عدسی شیئی

استادیمتری با زاویه ثابت و در زمین افقی

هدف: بدست آوردن فاصله نقاط A وB



شکل4-8

مطابق شکل 4-8 یک دستگاه تئودولیت بر روی نقطه A مستقر می‌نماییم(در این شکل برای نشان دادن حالت مسیر نور تلسکوپ دوربین از حد معمول خود بزرگ‌تر رسم شده است). یک شاخص را به طور قائم روی نقطه B قرار می‌دهیم. پرتوهای نورانی بعد از عبور از تارهای رتیکول و بعد از شکست در عدسی شیئی، میر را روی اعداد M و N قطع می‌نماید. با توجه به متشابه بودن دو مثلث mnF و MNF داریم:

$$\frac{FO_1}{FO} = \frac{mn}{MN} \Rightarrow FO = \frac{FO_1}{mn} \times MN \qquad (1)$$

که در آن:

$FO_1 = f$: فاصله کانونی عدسی شیئی

mn : فاصله تار بالا تا تار پایین در صفحه تارهای رتیکول که مقدارش ثابت و معلوم می‌باشد.

MN: فاصله قرائت تار بالا تا تار پایین روی شاخص که قابل اندازه‌گیری است.

لذا نسبت $\frac{FO_1}{mn}$ مقداری است ثابت که آن را با K نمایش می‌دهند و به ضریب استادیمتری معروف است. مقدار این ضریب در دوربین‌های امروزی معمولاً برابر 100 می‌باشد. داریم:

$$\overline{AB} = F'B + F + r \,,\, F'B = FO \qquad (2)$$

که در آن r : فاصله محور عدسی شیئی تا مرکز تلسکوپ (نقطه A' : قائم بر نقطه A) می‌باشد. از روابط 1 و 2 داریم:

$$\overline{AB} = \frac{f}{mn} \times MN + f + r = K \times MN + f + r \quad , f + r = C$$

مقدار $f + r$ را با C نمایش داده و به آن عدد **راشنباخ** گویند. لذا:

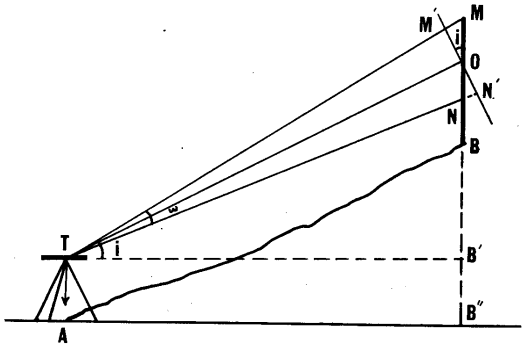
$$\overline{AB} = K \times MN + C$$

در دوربین‌های جدید با به کار بردن عدسی‌های واگرا و سایر وسایل اپتیک در تلسکوپ‌های دوربین، مرکز آنالاتیسم (F) را بر مرکز تلسکوپ(A') منطبق می‌کنند. در نتیجه مقدار C برابر صفر می‌شود. به این دوربین‌ها اصطلاحاً دوربین‌های آنالاتیک گویند. لذا در دوربین‌های آنالاتیک داریم:

$$\overline{AB} = K \times MN$$

اندازه گیری فاصله به روش استادیمتری در زمین‌های شیب‌دار

هدف: بدست آوردن طول افقی AB (یا AB'' یا TB')



شکل4-9

در قسمت قبل در حالتی که محور دیدگانی بر شاخص عمود بود (در زمین‌های افقی) داشتیم:

$$\overline{TO} = K \times M'N' + C \qquad (1)$$

خط دیدگانی با افق زاویه i دارد، لذا:

$$\overline{TB'} = AB'' = TO \times \cos i \qquad (2)$$

زاویه i یا همان زاویه شیب توسط تئودولیت قرائت می‌شود.

با توجه به مقدار کم زاویه استادیمتری(ω) با تقریب کافی می‌توان مثلث‌های $OM'M$ و $ON'N$ را قائم فرض نمود. لذا:

$$OM' = OM \times \cos i \,, OM' = OM \times \cos i \Rightarrow M'N' = OM' + ON' = (OM + ON) \times \cos i$$
$$\Rightarrow M'N' = MN \times \cos i \qquad (3)$$

از رابطه 1 و 3 داریم:

$$\Rightarrow TO = K \times MN \times \cos i + C \qquad (4)$$

از رابطه 2 و 4 داریم:

$$AB_{\text{افقی}} = TB' = AB'' = K \times MN \times \cos^2 i + C \times \cos i$$

و در دوربین‌های آنالاتیک:

$$AB_{\text{افقی}} = TB' = AB'' = K \times MN \times \cos^2 i$$

تعیین اختلاف ارتفاع به روش استادیمتری

هدف: تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B (یا اندازه BB')

از شکل4-9 داریم:

$$\Delta h_{AB} = BB'' = OB' + B'B'' - OB \qquad (5)$$

$$OB' = TO \times \sin i = (K \times MN \times \cos i + C) \times \sin i$$
$$OB' = (K \times MN \times \sin i \times \cos i + C \times \sin i) \qquad (6)$$

$$B'B'' = TA = h_i \quad , \quad OB = h_s$$

که در آنها:

h_i: ارتفاع دستگاه است که آنرا می‌توان با یک متر معمولی اندازه گرفت.

h_S: قرائت تار وسط روی شاخص نقطه B است که آن را ارتفاع علامت نیز می‌گویند.

از رابطه 5 و 6 داریم:

$$\Delta h_{AB} = K \times MN \times \sin i \times \cos i + C \times \sin i + h_i - h_S$$

در دوربین‌های آنالاتیک:

$$\Delta h_{AB} = K \times MN \times \sin i \times \cos i + h_i - h_S$$

برای سهولت محاسبات تار وسط روی شاخص به اندازه ارتفاع دوربین تنظیم می‌شود($h_i = h_S$). در این صورت:

$$\Delta h_{AB} = K \times MN \times \sin i \times \cos i$$

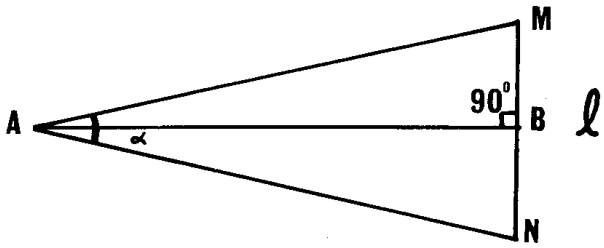
یادآوری: $Sin\,2i = 2Sin\,i \times Cos\,i$

$\Delta h_{AB} = \frac{1}{2} \times K \times MN \times Sin2\,i$

ب - روش پارالاکتیک

این روش از روش استادیمتری دقیق‌تر است. در این روش اگر بخواهیم طول $\overline{AB}$ را اندازه‌گیری کنیم، در نقطه A یک زاویه سنج مستقر و در نقطه B طولی را چنان اختیار می‌کنیم که عمود بر امتداد AB و B وسط آن باشد. طول MN را ℓ فرض می کنیم(شکل4-10). حال با اندازه‌گیری زاویه α در نقطه A با تئودولیت می توان طول AB را از رابطه زیر بدست آورد:

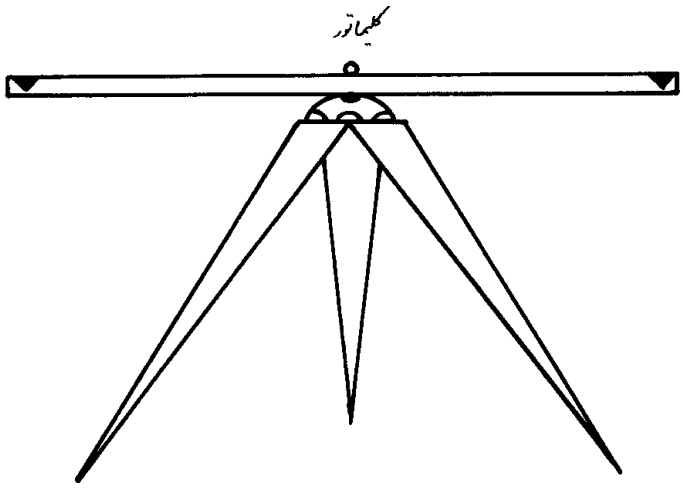
$$Cot\frac{\alpha}{2} = \frac{AB}{\frac{l}{2}} \Rightarrow AB = \frac{l}{2}\,Cot\frac{\alpha}{2}$$



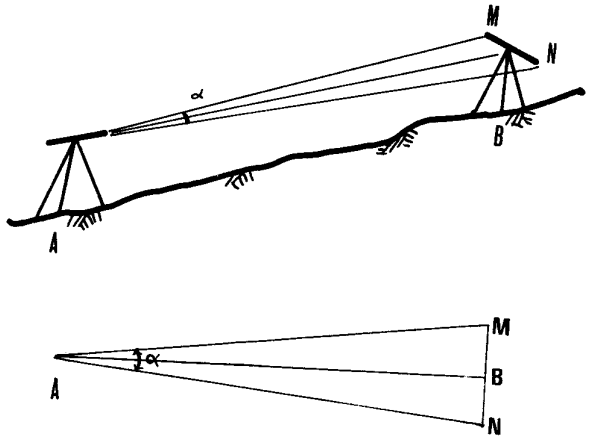
شکل4-10

که در آن: l همان طول میر افقی است که معمولاً دو متر می‌باشد.

بر اساس رابطه بالا وسیله‌ای به نام دستگاه پارالاکتیک یا میر افقی دو متری انوار ساخته شده است(شکل 4-11). این دستگاه در شکل 4-12 بر روی نقطه B سانتراژ می‌گردد. برای اینکه میر افقی عمود بر مسیر AB باشد، از کلیماتور به نقطه A که دوربین نقشه برداری روی آن مستقر است نشانه روی می‌کنند. هرگاه تار وسط در کلیماتور و دوربین در یک راستا قرار بگیرند میر افقی بر راستای AB عمود است.



شکل4-11- دستگاه پارالاکتیک

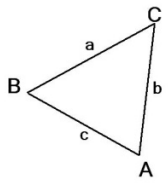


شکل4-12- نحوه قرار گیری دوربین و شاخص افقی در روش پارالاکتیک

ج - اندازه‌گیری طول به روش محاسبه

در این روش معمولاً از روابط مثلثاتی و ریاضی با معلوم بودن یک طول و زوایای یک مثلث و یا دیگر اشکال هندسی استفاده می‌شود. مانند فرمول زیر که در آن داشتن یک طول و دو زاویه مثلث الزامی است(مثل رابطه سینوس‌ها).

$$\frac{a}{\mathrm{SinA}} = \frac{\mathrm{b}}{\mathrm{SinB}} = \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{SinC}}$$



یا در رابطه کسینوس ها که داشتن دو طول و یک زاویه الزامیست:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2ab\,Cos\,A$$

فصل پنجم

ترازیابی

چند تعریف:

- ترازیابی: به عمل تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به هم ترازیابی[1] یا نیولمان[2] گویند.
- سطح تراز: سطحی که در تمام نقاط خود بر امتداد نیروی ثقل عمود باشد. بدیهی است که کلیه خطوط واقع بر روی این صفحه خطوط هم تراز می‌باشند.
- صفحه افقی: صفحه‌ای است که در یک نقطه(مثلاً نقطه استقرار دوربین) بر سطح تراز مماس باشد.
- صفحه قائم: صفحه‌ای است که از امتداد شاقولی هر نقطه بگذرد و لذا در یک نقطه بی نهایت صفحه قائم خواهیم داشت.
- سطح مبنا: سطح ترازیست که ارتفاع هر نقطه نسبت به آن سنجیده می‌شود.
- ارتفاع نقطه: فاصله قائم نقطه نسبت به سطح مبنا را گویند.
- نقاط ترازیابی : نقاطی اند که شاخص روی آنها نگه داشته شده و توسط قرائت‌های روی شاخص ارتفاع آنها مشخص می‌گردد.
- بنچ مارک(BM)[3]: نقاط ثابتی هستند که مختصات و ارتفاع آنها برای نقشه بردار معلوم است یا توسط عملیات پیمایش و ترازیابی مشخص می‌گردد.

انواع ترازیابی

1- ترازیابی فشار سنجی یا بارومتریک: این نوع ترازیابی را آلتیمتری[4] نیز می‌گویند. در مواردی که سرعت عمل زیاد و دقت کم مورد نظر باشد از این روش استفاده می‌گردد. اساس این روش بر پایه پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه از روی فشار هوا(ارتفاع ستون جو)، درجه حرارت و میزان رطوبت موجود در دو نقطه استوار است. در حالت معمولی از فرمول زیر برای محاسبه استفاده می‌شود.

$$H_2 - H_1 = \Delta h = C(1 + \alpha t) log \frac{P_1}{P_2}$$

که در آن:

C: ضریبی است که مقدار آن در سیستم متریک 18400 می‌باشد.

t : میانگین درجه حرارت دو نقطه و $\alpha = \frac{1}{273}$

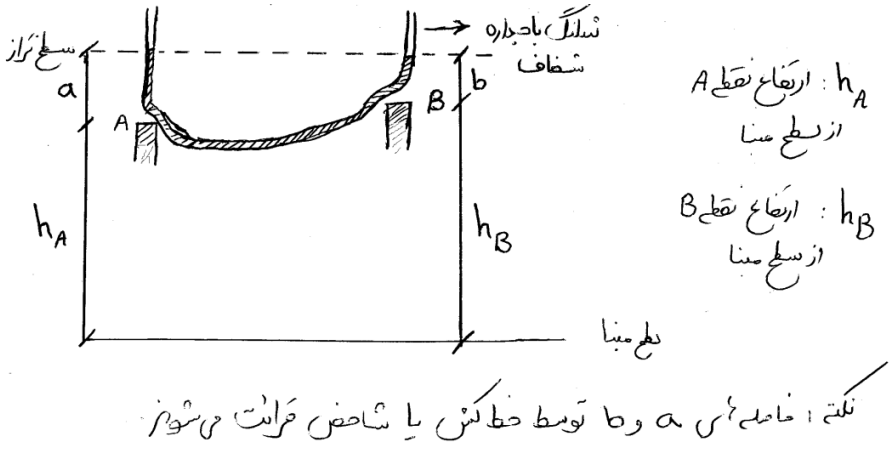
2- ترازیابی غیر مستقیم یا مثلثاتی: به این نوع ترازیابی در بخش توضیح روش استادیمتری اشاره شد.

3- ترازیابی مستقیم یا هندسی و انواع آن:

الف- ترازیابی بدون دوربین و بدون شاخص:

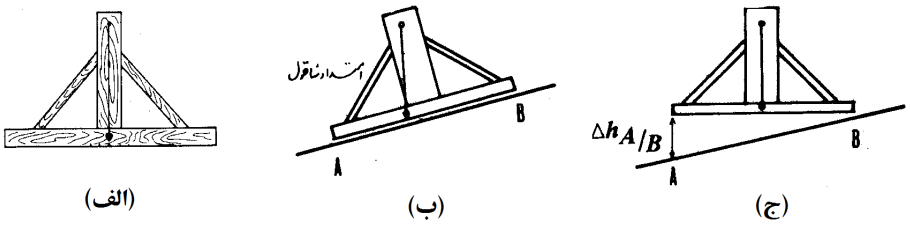
[1] -Levelling
[2] -Nivellement
[3] -Bench Mark:BM
[4] -Altimetrie

ترازیابی توسط شلنگ تراز: این روش در کارهای ساختمانی مانند کشیدن خط زه، کف ریزی و ... استفاده می‌شود. نحوه کار به این صورت است که از خاصیت ظروف مرتبط در مکانیک سیالات استفاده می‌شود. شلنگی با بدنه شفاف را پر از آب کرده و برای اینکه آب داخل آن نریزد، انگشت را در دهانه آن قرار می‌دهند. باید توجه نمود که هوا داخل شلنگ نمانده باشد. حال یک سر شلنگ در روی یکی از نقاط و سر دیگر آن را روی نقطه دیگر نگه می‌دارند(شکل 5-1). در این حال با توجه به خاصیت ظروف مرتبط، سطح آب در دو نقطه هم تراز بوده و می‌توان به صورت زیر اختلاف ارتفاع دو نقطه را تعیین کرد:



شکل5-1

ترازیابی توسط شاقول: در این روش معمولاً تخته‌ای به طول دو متر انتخاب نموده و آن را به صورت شکل5-2-الف کلاف کرده و در وسط آن یک شاقول آویزان می‌کنیم. حال آن را در یک منطقه کاملاً صاف و تراز که قبلاً کنترل شده قرار داده و محل انتهای شاقول را علامت می‌زنیم. اکنون اگر بخواهیم اختلاف ارتفاع دو نقطه مانند A و B را بیابیم، مطابق شکل5-2- ب و ج ابتدا یک سر تخته را روی نقطه بالاتر قرار داده و انتهای دیگر آن را طوری بالا و پایین می‌کنیم تا شاقول در محلی که قبلاً علامت زده‌ایم قرار گیرد. در این حالت کف تخته به صورت تراز است و می‌توانیم Δh_{AB} را با خط کش اندازه‌گیری کنیم.

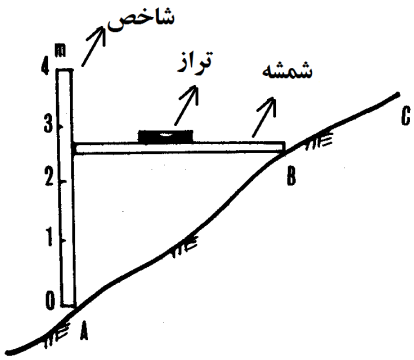


شکل5-2

ب- ترازیابی بدون دوربین و با شاخص:

به وسیله شیب سنج: این روش بیشتر در مورد پروفیل‌های عرضی و پیاده کردن امتدادی با یک شیب معلوم کاربرد دارد.

ترازیابی به وسیله شمشه و تراز بنایی: این روش معمولاً در تهیه پروفیل عرضی در مناطق کوهستانی مورد استفاده می‌باشد. در این روش نقشه‌بردارها معمولاً از یکی از شاخص‌ها به عنوان شمشه و از دیگری به عنوان شاخص یا اندازه گیر استفاده می‌کنند (شکل5-3).



شکل5-3

روش کار به این صورت است یک طرف شاخص را روی نقطه بالاتر قرار می‌دهیم. ترازی روی میر قرار داده و سر دیگر میر را طوری بالا و پایین می‌کنیم که تا تراز بنایی کاملاً تراز باشد. حال عدد مقابل میر افقی روی میر قائم را که نشان‌دهنده اختلاف ارتفاع دو نقطه است، قرائت می‌کنیم. چنانچه فاصله نقاط مورد نظر برای ترازیابی بیش از طول میر باشد(که معمولاً نیز چنین است) باید با استفاده از نقاط کمکی این فاصله را به چند قسمت تقسیم کرده و برای هر قسمت یک بار این کار را انجام دهیم تا در نهایت اختلاف ارتفاع دو نقطه اصلی را بدست آوریم.

ج- ترازیابی با دوربین و با شاخص:

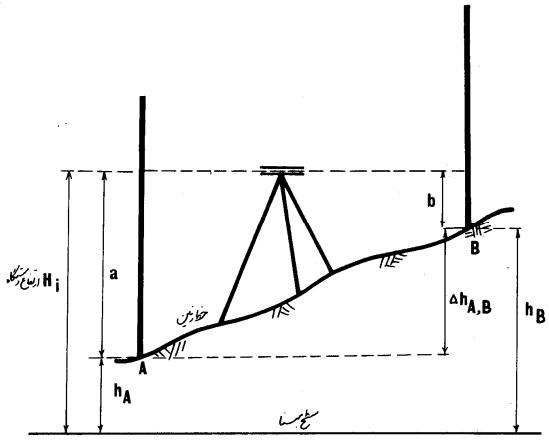
با توجه به شکل 5-4 می‌خواهیم اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B را با استفاده از یک دستگاه ترازیاب و شاخص بدست آوریم. باید توجه داشت که در این روش نیاز به استقرار دوربین ترازیاب روی یک نقطه ترازیابی خاص(سانتراژ کردن دستگاه) نیست. مطابق شکل 5-4 :

B. S. : را قرائت برگشت[1] گویند که عبارت از درجه‌ای است که صفحه افقی دید شاخص عقب را قطع می‌کند.

F. S. : را قرائت رفت[2] گویند که عبارت از درجه‌ای است که صفحه افقی دید شاخص جلو را قطع می‌کند.

h_A و h_B : به ترتیب ارتفاع نقاط A و B از سطح مبنا هستند.

H_i: ارتفاع صفحه افقی دید از سطح مبنا[3]



شکل5-4

[1] -Back Sight
[2] -Front Sight
[3] -Instrument Elevation

از آنجا که بعد از تنظیم و تراز کردن دستگاه نیوو، صفحه دید دستگاه، افقی است، لذا داریم:

$h_i = h_A + B.S.$, $h_i = h_B + F.S.$

$\Rightarrow h_A + B.S. = h_B + F.S.$ $\Rightarrow$ $\Delta h = h_B - h_A = B.S. - F.S.$

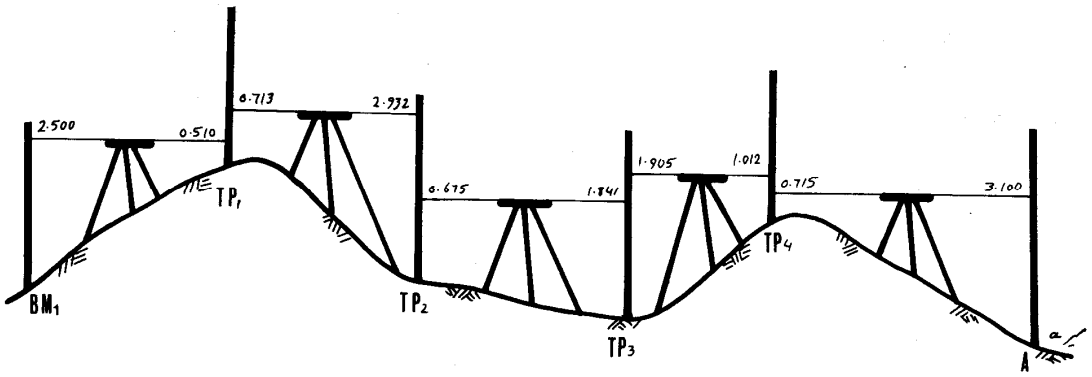
$\Rightarrow h_B = h_A + B.S. - F.S.$

ترازیابی تدریجی:

در بعضی مواقع که فاصله بین نقاط A و B طولانی است یا اختلاف ارتفاع بین این دو نقطه زیاد است(در حالت اول نمی‌توان اعداد روی میر دورتر را تشخیص داد و در حالت دوم خط دید از بالا یا پایین هر دو میر یا یکی از میر ها عبور می‌کند)، می‌توان با چند بار دوربین گذاری و استفاده از **نقاط کمکی** بین دو نقطه، اختلاف بین A و B را بدست آورد. به این نوع ترازیابی، ترازیابی تدریجی گویند. مثال زیر نشان‌دهنده ترازیابی تدریجی است.

مثال

عملیات ترازیابی مطابق شکل انجام شده است. در صورتی که ارتفاع نقطه BM_1 از سطح مبنا برابر 135/2 متر باشد، با توجه به اعداد قرائت شده روی شاخص‌ها، ارتفاع بقیه نقاط را تعیین کنید.



شکل5-5

جواب:

No.P	B.S. (mm)	F.S. (mm)	Δh(m) ±		h(m)	Note
BM1	2500	---		---	135.200	
TP1	0713	0510	+	1.990	137.190	
TP2	0675	2932	-	2.219	134.971	
TP3	1905	1841	-	1.166	133.805	
TP4	0715	1012	+	0.893	134.698	
A	---	3100	-	2.385	132.313	

ترازیابی شعاعی یا ترازیابی چند نقطه پراکنده:

می‌توان با یک بار استقرار دوربین علاوه بر نقاط ابتدایی و انتهایی چند نقطه میانی(I.S.)[1] را نیز قرائت نمود. بایستی توجه داشت، ترازیابی معمولاً از نقطه‌ای که ارتفاعش معلوم است با قرائت عقب شروع می‌شود و اولین قرائت را قرائت عقب و آخرین قرائت را قرائت جلو و بقیه قرائت‌های بین این دو را قرائت میانی گویند. نقاط کمکی ممکن است یکی از نقاط اصلی و یا نقاط خارج از امتداد و یا نقطه دیگری باشد. مثال صفحه بعد نمونه‌ای از ترازیابی شعاعی است.

تعدیل خطا در ترازیابی

به طور کلی دو نوع عملیات ترازیابی داریم:

الف- ترازیابی باز: عملیات ترازیابی که از یک نقطه شروع و به نقطه دیگری ختم می‌شود.

ب- ترازیابی بسته: عملیات ترازیابی که از یک نقطه شروع و به همان نقطه ختم می‌شود.

برای کنترل عملیات ترازیابی همواره باید به صورت بسته انجام گیرد:

الف- ترازیابی باید از یک نقطه با ارتفاع معلوم شروع و به نقطه‌ای با ارتفاع معلوم ختم شود. در حقیقت این نوع کنترل مربوط به ترازیابی بازی است که در آن ارتفاع نقطه شروع و پایان معلوم است.

ب- ترازیابی از یک نقطه شروع و دوباره به همان نقطه باز گردد(ترازیابی رفت و برگشتی). این روش کنترلی برای ترازیابی بسته کاربرد دارد. زمانی که هدف ترازیابی باز (برای مثال ترازیابی نقاط واقع بر یک مسیر) باشد و ارتفاع نقطه پایانی را نداشته باشیم باید با کمک نقاط کمکی یا برخی نقاط که قبلاً ترازیابی شده‌اند دوباره به نقطه اولی باز گردیم یا به عبارتی ترازیابی را به فرم بسته تبدیل کنیم و سپس از این روش کنترلی استفاده کنیم.

فرمول کنترل محاسبات عبارت است از:

$$h_B - h_A = \sum B.S. - \sum F.S.$$

که در آن:

h_B: ارتفاع نقطه انتهایی ترازیابی

h_A: ارتفاع نقطه ابتدایی ترازیابی است.

بدیهی است زمانی که ترازیابی بسته باشد h_B با h_A برابر بوده و عبارت سمت چپ فرمول برابر صفر خواهد بود.

در صورتی که تساوی فوق برقرار نباشد برداشت ترازیابی دارای خطاست. در این صورت برای این خطا حد مجازی تعریف می‌کنیم. این حد در ترازیابی معمولی به این صورت تعریف می‌گردد:

$$\varepsilon = \pm 25^{mm} \times \sqrt{L}$$

که در آن:

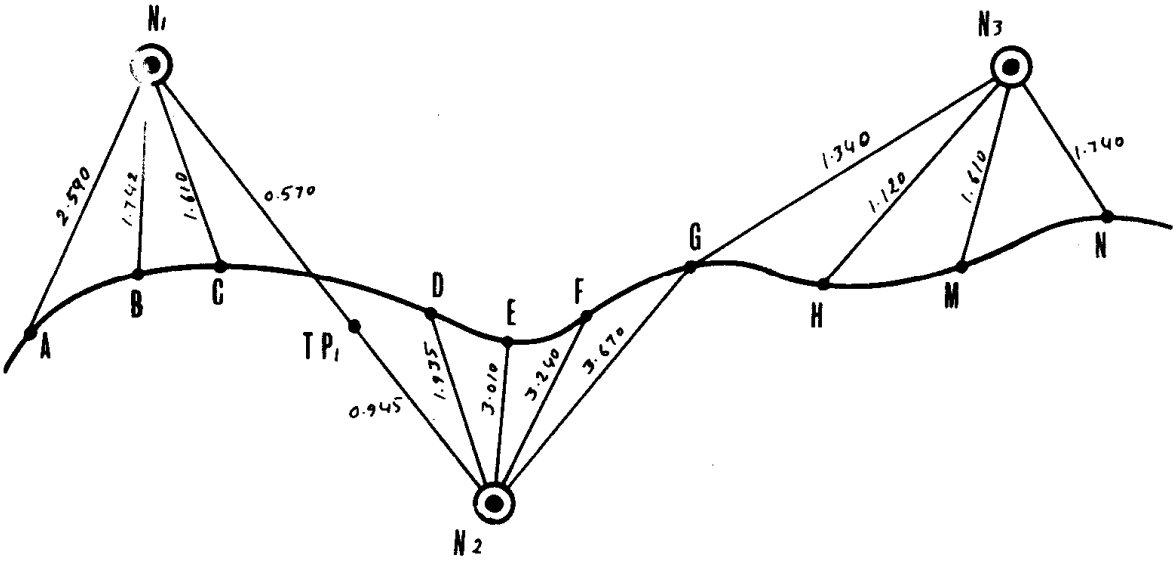
ε: حداکثر مقدار خطا بر حسب میلی متر، L: طول مسیر ترازیابی بر حسب کیلومتر

چنانچه مقدار خطا از حد مجاز خطای ترازیابی تجاوز نکند باید آن را سرشکن یا تعدیل نمود. در غیر این صورت محاسبات دارای اشتباه تلقی شده و فاقد ارزش است و باید عملیات برداشت ترازیابی تکرار شود.

[1] -Intermediate Side: I.S.

مثال

کروکی زیر حاصل یک ترازیابی باز در مسیر یک کانال آب‌رسانی می‌باشد. در صورتی که ارتفاع نقطه شروع 100 متر باشد، ارتفاع بقیه نقاط را محاسبه نمایید.



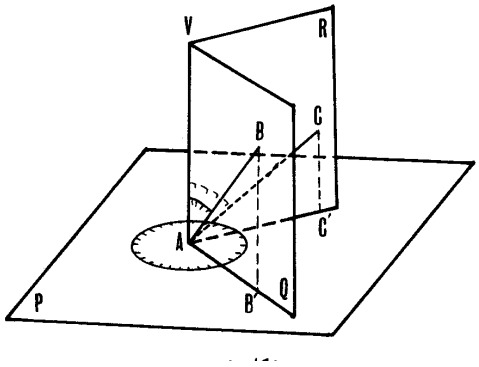
شکل5-6- پلان

نقطه استقرار دوربین		No.P	B.S. (mm)	I.S. (mm)	F.S. (mm)	Δh(m) ±		h(m)	Note
N_1		A	2590					100/000	
		B		1742		+	0/848	100/848	=100+2.590-1742
		C		1610		+	0/980	100/980	=100+2.590-1.610
N_2	N_1	TP1	0945		0570	+	2/020	102/020	=100+2.590-0.570
N_2		D		1935		-	0/990	101/030	=102.020+0.945-1.935
		E		3010		-	2/065	99/955	=102.020+0.945-3.010
		F		3240		-	2/295	99/725	=102.020+0.945-3.240
N_3	N_2	G	1340		3670	-	2/725	99/295	=102.020+0.945-3.670
N_3		H		1120		+	0/220	99/515	=99.295+1.340-1.120
		M		1610		-	0/270	99/025	=99.295+1.340-1.610
		N			1740	-	0/400	98/895	=99.295+1.340-1.740

فصل ششم

اندازه گیری زاویه

در نقشه برداری زوایا در دو صفحه افقی و قائم برای تعیین موقعیت نقاط اندازه‌گیری می‌شوند.



شکل6-1

صفحهP : صفحه افقی

صفحه R وQ : صفحات قائم

نقاط A,B,C سه نقطه غیر هم ارتفاعند که روی زمین قرار دارند.

به طور کلی در نقشه برداری سه نوع زاویه تعریف می‌شود:

الف- زاویه افقی[1] (H): زاویه ای است که بین تصاویر نقاط روی صفحه افقی حاصل می شود. (مانند زاویه C'AB' در صفحه P)

ب- زاویه قائم[2] (V): زاویه ای است که بین امتداد قائم مکان (امتداد شاقولی) و امتداد مورد نظر در صفحه قائم تشکیل می‌شود. به این زاویه، زاویه زنیتی[3] نیز گفته می‌شود(مثل زاویه VAB در صفحه Q یا زاویه VAC در صفحه R).

ج- زاویه شیب با زاویه ارتفاع (i): متمم زاویه قائم را گویند(مانند زاویه BAB' در صفحه Q یا CAC' در صفحه R).

واحدهای اندازه گیری زاویه

الف - درجه(D):

$\frac{1}{360}$ پیرامون یک دایره را یک درجه و $\frac{1}{60}$ درجه را دقیقه و $\frac{1}{60}$ دقیقه را ثانیه گویند. و با نماد $''-'-^{\circ}-$ نمایش می‌دهند. برای مثال

$D = 10^{\circ}13'18''$

ب - گراد (G):

$\frac{1}{400}$ پیرامون یک دایره را یک گراد، $\frac{1}{100}$ گراد را یک دقیقه گرادی یا سانتی گراد و $\frac{1}{100}$ سانتیگراد را یک ثانیه گرادی گویند و با نماد $^{g}-^{c}-^{cc}$ نمایش می‌دهند.

ج - رادیان (R):

[1] -Horizontal
[2] -Vertical
[3] -Zenith

چنانچه پیرامون دایره را بر عدد 2π تقسیم نماییم، هر قسمت آن را یک رادیان گویند.

داریم:

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi}$$

مثال

یک رادیان چند درجه و چند گراد است؟

حل:

$$\frac{1}{2\pi} = \frac{D}{360} \rightarrow D = 57.2958° = 57^{\circ}17'45''$$
$$\frac{1}{2\pi} = \frac{G}{400} \rightarrow G = 63.6620^{g} = 63^{g}66^{c}20^{cc}$$

روش های اندازه گیری زاویه:

الف - روش زاویه خوانی:

در این روش برای اندازه‌گیری زاویه، قرائت زاویه با استفاده از دستگاه‌های زاویه یاب انجام می‌شود.

ب - روش زاویه کشی:

در این روش برای اندازه‌گیری زاویه، ابتدا زاویه افق به وسیله آلیداد روی تخته سه پایه رسم می شود(اندازه گیری‌ها در فیلد انجام می‌شود) و سپس توسط نقاله اندازه گیری می‌شود. این روش همان روش ترسیمی است.

ج - روش محاسبه ای:

در این روش اندازه‌گیری زاویه، با استفاده از فرمولهای موجود محاسبه می‌شود. برای استفاده از این روش باید برخی طولها مشخص باشند.

د - روش فوتوگرامتری:

در این روش اندازه گیری زاویه با استفاده از عکس های هوایی و دستگاههای فوتوگرامتری انجام می شود.

روش های مختلف اندازه گیری زاویه با تئودولیت

روش کوپل در اندازه گیری زاویه افقی

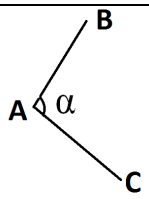
در نشانه روی ها اگر لمب قائم در طرف چپ اپراتور قرار داشته باشد اصطلاحاً دوربین را **دایره به چپ** و اگر در سمت راست باشد، دوربین را **دایره به راست** گویند.

برای اینکه قرائت‌ها از حالت دایره به چپ به دایره به راست برگردانده شود(یا برعکس)، بایستی تلسکوپ دوربین 180 درجه (در صفحه قائم) چرخانده شود. این عمل را پلانژه کردن گویند. طبیعی است برای نشانه روی مجدد آلیداد تئودولیت نیز بایستی 180 درجه دوران داده شود. وقتی امتدادی در دو حالت دایره به راست و ودایره به چپ نشانه روی و قرائت شود، این عمل را قرائت کوپل گویند.

نکته: این روش علاوه بر کنترل قرائت ها، خطاهایی مانند خطای کولیماسیون و خطای خارج از مرکز بودن لمب افقی و ... را به طور عملی حذف میکند.

مثال

باتوجه به روش کوپل زاویه α را بدست آورید.

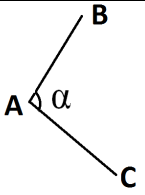
نقطه استقرار	نقطه هدف	دایره به چپ	دایره به راست	کروکی
A	B	16°32'40"	196°32'50"	
	C	134°16'20"	314°16'20"	

حل:

$\frac{16°32'40"+196°32'50"}{2}$ =106°32'45"

$\frac{134°16'20"+314°16'20"}{2}$ =224°16'20"

α = 224°16'20"-106°32'45"= 117°43'35"

نقطه استقرار	نقطه هدف	دایره به چپ	دایره به راست	میانگین	مقدار	کروکی
A	B	16°32'40"	196°32'50"	106°32'45"	117°43'35"	
	C	134°16'20"	314°16'20"	224°16'20"		

راه حل دوم:

α_1 دایره به چپ = 134°16'20"-16°32'40"= 117°43'40"

α_2 دایره به راست = 314°16'20"-196°32'50"= 117°43'30"

α = $\frac{117°43'40"+ 117°43'30"}{2}$ =117°43'35"

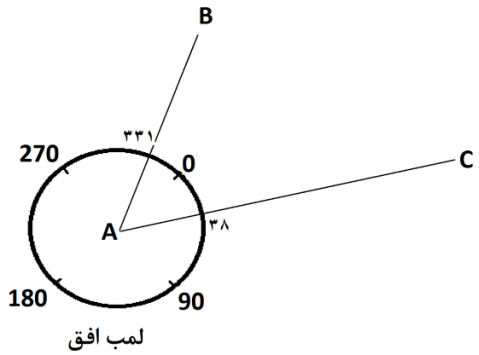
نکته :

در صورتی که در هر کدام از قرائت های دایره به راست یا دایره به چپ، صفر (یا 360 درجه) لمب افق در بازه اندازه گیری زاویه قرار گیرد (یعنی چنانچه بعد از قرائت اولین امتداد با حرکت ساعتگرد آلیداد، قبل از اینکه به راستای دومین امتداد برسیم از صفر لمب افق عبور کنیم)در این صورت زاویه رأس طبق فرمول زیر قابل اندازه گیری است.

قرائت امتداد دوم + قرائت امتداد اول - 360 درجه =زاویه رأس

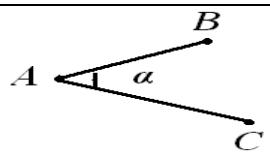
برای مثال در شکل روبرو:

زاویه رأس A =360-331+38= 67 درجه



مثال

باتوجه به روش کوپل زاویه α را بدست آورید.

کروکی	دایره به راست	دایره به چپ	نقطه هدف	نقطه استقرار
	350°44'52"	170°45'12"	B	A
	21°14'00"	201°13'58"	C	

دایره به چپ α_1 = 201°13'58"-170°45'12"= 30°28'46"

دایره به راست α_2 = 360° −350°44'52"+21°14'00"= 30°29'08"

$\alpha = \frac{30°28'46"+30°29'08"}{2} = 30°28'57"$

نکته

در صورتی که تئودولیت فاقد خطا باشد، همواره اختلاف قرائت های زاویه افقی در دو حالت دایره به راست و دایره به چپ مقدار 180 درجه (200 گراد) خواهد بود.

روش کوپل در اندازه گیری زاویه قائم

چنانچه زاویه قائم یک امتداد را در دو حالت دایره به راست و دایره به چپ قرائت کنیم، اصطلاحاً زاویه قائم به روش کوپل قرائت شده است. اگر قرائت زاویه قائم یک امتداد در حالت دایره به چپ V_1 و در حالت دایره به راست V_2 باشد داریم:

$V=$ زاویه قائم میانگین $= \frac{V_1 + (360 - V_2)}{2}$

و چنانچه دستگاه تئودولیت فاقد هر گونه خطا و عدم تنظیمات باشد داریم:

$$V_1 = 360 - V_2$$

مثال

دوربین تئودولیت بر روی نقطه A مستقر و به سمت نقطه B نشانه روی شده است در صورتی که زاویه قائم در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست به ترتیب مقادیر $92^\circ 00' 36''$ و $267^\circ 59' 04''$ قرائت شده باشد. زاویه شیب محور دیدگانی چقدر است؟

حل:

$$V_1 = 92°00'36'', V_2 = 267°59'04''$$

$V=$ زاویه قائم میانگین $= \frac{V_1 + (360 - V_2)}{2} = \frac{92°00'36'' + 360° - 267°59'04''}{2} = 92°0'46''$

$$i = 90° - 92°0'46'' = -2°0'46''$$

فصل هفتم

نقاط تکیه گاه

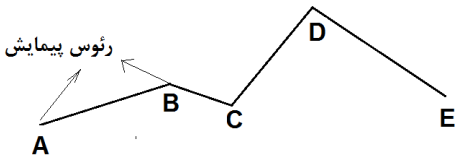
برای تهیه یک نقشه به یک سری نقاط بر روی زمین نیاز است که بتوان به اتکای آن نقاط عوارض مورد نیاز را از روی زمین به روی نقشه انتقال داد. این نقاط باید برای پروژهای بعدی و یا تا پایان پروژه اجرایی حاضر تثبیت و حفظ گردند. به این نقاط **نقاط تکیه گاه**، اسکلت یا شبکه نقشه برداری گویند.

اگر چند نقطه روی زمین به گونه ای انتخاب شوند که متوالیاً تشکیل خط شکسته ای را بدهند (برای مثال نقاط تکیه گاه). اندازه گیری طول‌ها و زوایای این خطوط را **پیمایش** گویند. این عمل ممکن است به صورت ترسیمی یا محاسبه ای انجام شود. در حقیقت هدف از انجام پیمایش تعیین موقعیت مختصاتی این نقاط (رئوس پیمایش) با داشتن مختصات اولین نقطه و ژیزمان اولین امتداد است.

از نظر فنی، رئوس پیمایش باید در محلی سخت، محکم و تا حدودی مسطح انتخاب شود. از هر نقطه رأس قبلی و بعدی قابل رویت باشد. رئوس پیمایش باید توسط بتن ریزی یا طرق دیگر تثبیت گردند.

انواع پیمایش در نقشه برداری

الف - پیمایش باز :



پیمایشی است که از یک نقطه شروع و به نقطه دیگر ختم می شود. برای کنترل عملیات و تعیین میزان خطا در این پیمایش 2 روش وجود دارد:

1- مختصات نقطه شروع و نقطه پایان معلوم باشد.

2- مختصات نقطه شروع، ژیزمان امتداد شروع و ژیزمان امتداد پایان معلوم باشد.

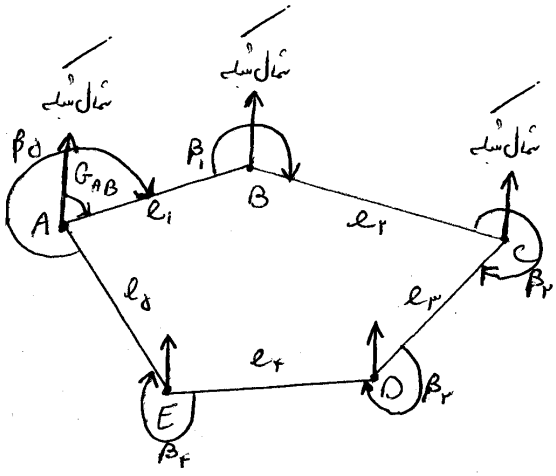
ب - پیمایش بسته یا پلیگون :

پیمایشی است که از یک نقطه شروع و به همان نقطه ختم می‌شود. برای کنترل عملیات و تعیین میزان خطا در این پیمایش نیز دو روش وجود دارد:

1- مجموع زوایای داخلی n ضلعی برابر است با: $(n-2) \times 180°$

2- مختصات محاسباتی نقطه پایان برابر مختصات اولیه آن می‌باشد. از این مطلب می‌توان برای اطمینان از درستی محاسبات استفاده کرد.

مراحل و چگونگی انجام پیمایش



1- شناسایی منطقه

2- انتخاب درست و مناسب رئوس پیمایش (A,B,C,D,E,...)

3- اندازه گیری زوایای افقی در رئوس پیمایش توسط دستگاه تئودولیت ($\beta_5, \beta_4, \beta_3, \beta_2, \beta_1$,)

4-اندازه گیری دقیق طول‌ها با روش های اندازه گیری فاصله (فصل 4) $(l_5, l_4, l_3, l_2, l_1)$

5-اندازه گیری ژیزمان اولین امتداد (G_{AB})

روش ترسیمی پیمایش

در این روش از طولها و زوایا و ژیزمان اندازه گیری شده استفاده کرده و با استفاده از خط کش و نقاله (یا با استفاده از نرم افزارهای موجود) نتایج را روی نقشه پیاده می نمایند.

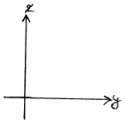
روش محاسبه ای پیمایش

مطابق شکل فوق داریم:

$$G_{BC} = G_{BA} + \beta_1 = G_{AB} \pm 180° + \beta_1$$
$$G_{CD} = G_{CB} + \beta_2 = G_{BC} \pm 180° + \beta_2$$
$$G_{DE} = G_{DC} + \beta_3 = G_{CD} \pm 180° + \beta_3$$
و ...

مطابق روش فوق، ژیزمان هر سطر از سطر بالایی قابل محاسبه است و ژیزمان اولین امتداد (G_{AB}) نیز از پیمایش صحرایی برداشت شده است. بدین صورت محاسبه ژیزمان همه امتدادها (از ابتدا تا انتها) قابل انجام است.

$$\begin{cases} X_B = X_A + \Delta X_{AB} = X_A + l_1 \times Cos\, G_{AB} \\ Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} = Y_A + l_1 \times Sin\, G_{AB} \end{cases}$$



که در آن: l_1: طول افقی بین نقاط A و B است که از داده‌های برداشت معلوم است.

با داشتن مختصات نقطه A (به عنوان نقطه شروع پیمایش) و G_{AB} به مختصات نقطه B رسیدیم. پس با داشتن G_{BC} از فرمول ذکر شده در بالا می‌توان به مختصات نقطه C رسید. به همین ترتیب می‌توانیم مختصات دیگر رئوس پیمایش را محاسبه کنیم.

$$\begin{cases} X_C = X_B + \Delta X_{BC} = X_B + l_2 \times Cos\, G_{BC} \\ Y_C = Y_B + \Delta Y_{BC} = Y_B + l_2 \times Sin\, G_{BC} \end{cases}$$

کنترل محاسبات در پیمایش بسته:

الف - کنترل زوایای خارجی

مجموع زوایای خارجی ضلعی n $= n \times 360° - ((n-2) \times 180°) = (n+2) \times 180°$

لذا:

$\sum_{i=1}^{n} \beta_i = (n+2) \times 180°$ (n = تعداد اضلاع پلیگون)

ب - کنترل مختصات

$\sum_{i=1}^{n} \Delta x_i = 0$
$\sum_{i=1}^{n} \Delta y_i = 0$

به عبارتی چون تغییرات x وy در هر ضلع گاه مثبت و گاه منفی است، جمع جبری تمامی تغییرات x و y ها در پیمایش بسته در نهایت برابر صفر است.

کنترل محاسبات در پیمایش باز:

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta x_i = x_{\text{نقطه انتهایی}} - x_{\text{نقطه ابتدایی}}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta y_i = y_{\text{نقطه انتهایی}} - y_{\text{نقطه ابتدایی}}$$

در پیمایش باز برای کنترل محاسبات باید مختصات نقاط ابتدا و انتها معلوم باشد.

خطاها در نقشه برداری

تئوری خطاها:

خطا[1] (ε): عبارت از میزان تفاوت بین مقدار حقیقی(a) و مقدار اندازه گیری شده(a') می‌باشد.

$$\varepsilon = a - a'$$

مقدار خطا می‌تواند مثبت یا منفی باشد و پیدا کردن جهت آن در بیشتر موارد امکان پذیر نیست.

اشتباه[2]: اشتباه با خطا کاملاً متفاوت است و در اثر عدم دقت عامل یا نقص مشخص دستگاه صورت می‌گیرد. در نقشه برداری، اشتباه به هیچ وجه مجاز نیست.

برای دوری از اشتباه بایستی کار، متکی بر کنترل باشد:

کنترل مستقیم: با تغییر روش اندازه گیری کار را دوباره تکرار می‌کنیم.

کنترل غیر مستقیم: نتیجه را با روش‌های دیگر مثل روش‌های محاسباتی بدست می‌آوریم.

انواع کلی خطاها

1- خطای تدریجی یا سیستماتیک[3]:

این خطا خطرناک ترین نوع خطا در نقشه برداری است. چرا که جهت همه این خطاها یکی است. یعنی همواره جمع شونده می‌باشد. برای دوری از این خطا حتماً هر چند وقت یک‌بار باید دستگاه‌ها را کنترل نمود.

2- خطای اتفاقی[4]:

این خطا بر خلاف خطای تدریجی دارای جهت مشخص نبوده و در عمل ممکن است مجموع خطاهای اتفاقی چند اندازه گیری برابر صفر و یا مقدار زیادی باشد.

میانگین اندازه گیری:

[1] -Error
[2] -Mistake
[3] -Systematic Error
[4] -Accidental Error

اگر کمیتی مانند x را چند بار(n بار) اندازه گیری کنیم، مقدار x_a را مقدار میانگین یا بهترین جواب برای کمیت x گویند.

$$x_a = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

تعاریف:

1 - خطای ظاهری:

از آنجا که مقدار حقیقی کمیت همواره برای ما مجهول است، لذا برای هر یک از اندازه گیری‌ها تنها می‌توان اختلاف بین میانگین اندازه گیری‌ها و یک اندازه گیری خاص (x_i) را بدست آورد که به آن خطای ظاهری یا باقیمانده(ε_i) می گویند.

$$\varepsilon_i = x_a - x_i$$

2 - خطای نسبی:

اگر برای کمیتی مانند m خطای ε منظور شود نسبت $\frac{\varepsilon}{m}$ را خطای نسبی گویند و آن را با ε_r نمایش می دهند.

عوامل ایجاد کننده خطا:

1- ساختمان وسیله اندازه گیری ⇦ خطای دستگاهی (همواره خطایی تدریجی است.)

2- شرایط جوی، محیط کار و ساعات کار⇦ خطای طبیعی (همواره خطایی تدریجی است.)

3- روش کار
4- عامل (اپراتور)
⇦ خطای انسانی (برخی از خطاها تدریجی و برخی دیگر اتفاقی است.)

بررسی خطاهای روش استادیمتری

الف - خطاهای تدریجی:

1- خطای ناشی از انکسار

زمانی که یک شعاع نوری از طبقات مختلف که دارای چگالی‌های متفاوت می‌باشند عبور می‌کند از مسیر اولیه خود منحرف شده و به جای خط مستقیم یک منحنی را که تحدب آن به طرف زمین است طی می‌نماید.

☜ مقدار این خطا در قرائت شاخص به ازای 100 متر حدود 3 الی 4 میلی متر است.

2- خطای قرائت: خطا در میزان قدرت تفکیک و تخمین تقسیمات میر را گویند.

3- خطای قائم نبودن میر

4- خطای تغییر طول میر

ب - خطای های اتفاقی

1- خطای پارالاکس : این خطا ناشی از عدم انطباق تصویر تارهای رتیکول و تصویر میر می‌باشد.

2- خطای ایستگاه گذاری: خطای ایجاد شده توسط شاقول وزنه‌ای یا نوری

3- خطای قرائت زاویه قائم

4- خطای قرائت شاخص

خطاها در اندازه گیری زاویه:

1 - خطاهای دستگاهی:

این خطا معمولاً در اثر عدم کالیبراسیون و تنظیم دستگاه پیش می‌آید و مهم‌ترین آنها عبارتند از :

الف - خطای کلیماسیون[1]:

هرگاه محور دیدگانی و یا محور قائم (اصلی) بر محور چرخش (محور ثانوی) تلسکوپ عمود نباشد و یا اینکه سه محور دیدگانی، قائم و چرخش (محور ثانوی) در یک نقطه همدیگر را قطع نکنند، انحراف حاصل را خطای کلیماسیون گویند.

☜ این خطا از نوع خطاهای تدریجی است و حتماً بایستی آن را حذف نمود.

ب - خطای تقسیمات لمب:

این خطا از جمله خطاهای سیستماتیک است و باید آن را حذف نمود.

ج - خطای عدم مرکزیت:

زمانی که محور قائم(اصلی) از مرکز لمب افقی نگذرد.

2 - خطاهای انسانی:

این خطاها بیشتر به تجربه و ورزیدگی اپراتور بستگی دارد و نمونه هایی از آن به قرار زیر است:

الف - خطای عدم تراز یا درست تراز نکردن:

این خطا از نوع خطاهایی تدریجی است و بایستی آن را با کنترل تراز حذف نمود.

ب - خطای ایستگاه گذاری یا خطای سانتراژ:

این خطا نیز از نوع خطاهای سیستماتیک بوده و مقدار آن بستگی به طول قراولروی و میزان خارج بودن از ایستگاه دارد.

[1] -Collimation

ج - خطای نشانه روی:

این خطا جزء خطاهای اتفاقی بوده که با تکرار عملیات مقدار آن به حداقل می‌رسد.

د - خطای قرائت:

این خطا هم جزء خطاهای اتفاقی است که با تکرار قرائت لمب و تغییر میکرومتر در دستگاه‌های دقیق، مقدار این خطا را کمتر می‌نمایند.

3 - خطاهای طبیعی:

این خطاها بیشتر از نوع خطاهای اتفاقی است و اغلب مربوط به انکسار و کرویت و تشعشع نور و یا ایجاد دید بد برای فاصله‌های بلند به علت هوای مه آلود و یا غبارآلود و همچنین مربوط به پایه دستگاه و پیچش آن می‌باشد.

☜ برای از بین بردن هر یک از این خطاها به فراخور نوع آن عمل می‌کنند. مثلاً در تابش خورشید از چتر یا سایه بان برای حذف خطاهای تشعشع و یا انکسار و یا برقراری دید خوب بین نقاط از وقت مناسب استفاده می‌شود.

بررسی خطاهای ترازیابی:

الف - خطاهای دستگاهی:

یک دستگاه ترازیاب(Nivo) دارای محور های 1- محور عدسی‌ها 2- محور کلیماسیون(دیدگانی) 3- محور لوله تراز 4- محور اصلی (قائم) می‌باشد. زمانی که دستگاه کاملاً تنظیم(دائمی) باشد شرایط زیر برقرار است و در غیر این صورت دستگاه دارای خطاست:

a- محور عدسی‌ها بر محور کلیماسیون منطبق است.

b- محور عدسی‌ها موازی محور لوله تراز است.

c- محور قائم بر محور دیدگانی عمود است.

d- محور قائم بر محور لوله تراز عمود است.

1- خطای محور لوله تراز:

تراز بودن دستگاه ترازیاب بدین معنی است که محور قائم بر محور لوله تراز عمود می‌باشد. چنانکه محور لوله تراز از حالت تنظیم خارج نشده باشد، هر قدر دوربین را حول محور قائم دوران دهیم، حالت تنظیم تراز بهم نمی‌خورد. در غیر این صورت دستگاه از تنظیم خارج است و باید آن را تنظیم نمود.

2- خطای کلیماسیون:

محور کلیماسیون یا محور دیدگانی خطی است که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی‌های شیئی و چشمی وصل می‌کند. چنانچه این محور بر محور عدسی‌ها منطبق نباشد خطایی ایجاد می‌شود که آن را خطای کلیماسیون گویند. همچنین عمود نبودن محور قائم بر محور کلیماسیون یا موازی نبودن محور لوله تراز با محور کلیماسیون را خطای کلیماسیون گویند.

☜ بایستی هر چند وقت یک‌بار به خصوص مواقعی که امکان ضربه خوردن به دستگاه وجود داشته باشد، قبل از کار روزانه تنظیم بودن محور کلیماسیون را کنترل نمود.

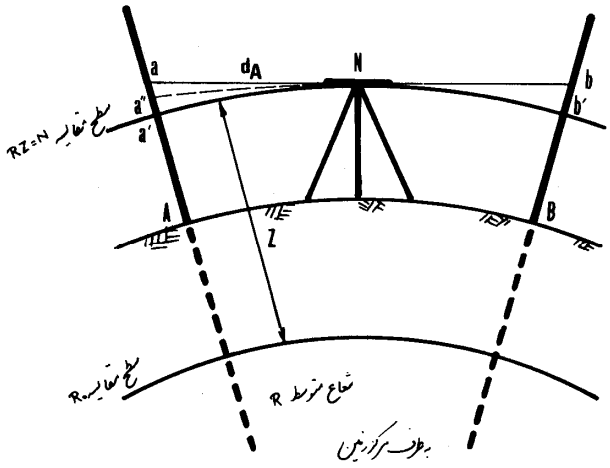
3- خطای تقسیمات میر (خطای طولی میر):

این خطا را می‌توان با یک متر معمولی کنترل و مقدار خطایش را رفع نمود.

ب - خطاهای طبیعی:

1- خطای کرویت:

چنانچه به مبانی محاسباتی در ترازیابی دقت کنیم در می‌یابیم که در تمامی آنها اساس عملیات بر این بوده است که سطح مورد استفاده **صفحه افقی**(امتداد a-b در شکل 8-1) (فقط در یک نقطه (محل استقرار دوربین) بر امتداد نیروی ثقل عمود بوده است) بوده و این صفحه با **سطح تراز**(منحنی a´-b´)متفاوت است. به عبارت دیگر با توجه به شکل کروی زمین، در محاسبات هرگز توجهی به شکل اصلی و واقعی استقرار نقاط نداشته‌ایم.



شکل8-1

2- خطای انکسار:

نوری که از چشم خارج می‌شود بعد از عبور از طبقات جو به جای اینکه میر A را در نقطه a قطع کند با انحنایی به سمت داخل، انکسار حاصل کرده میر را در نقطه a´´ قطع می‌کند. مقدار خطای انکسار یک هفتم خطای کرویت بوده و در جهت مخالف آن می‌باشد.

3- خطای اثر باد و گرما (مواج بودن هوا در اثر حرارت)

ج - خطاهای انسانی:

1- عدم پارالاکس گیری:

حذف پارالاکس یعنی در میدان دید آوردن شیء مورد نظر در دوربین (واضح دیدن تصویر شاخص) و همچنین روشن کردن تارهای رتیکول

2- خوب تنظیم نکردن تراز

3- قائم نبودن شاخص

عواملی که در ترازیابی ایجاد اشتباه می‌کنند

1- اشتباه گرفتن نقاط در حین تغییر ایستگاه

2- قرائت اشتباه مخصوصاً زمانی که نور به اندازه کافی نباشد.

3- نوشتن یا محاسبه غلط

4- جابه‌جا نوشتن قرائت‌ها در جداول مربوطه

5- اشتباه گرفتن میر(سر و ته گرفتن)

6- ثابت نبودن نقطه‌ای که روی آن قرائت جلو انجام شده و در ایستگاه گذاری بعدی قرائت عقب بر روی آن انجام می‌شود.

خطاها در متر کشی:

1- خطای درست نبودن طول نوار (خطای دستگاهی و از نوع خطاهای تدریجی)

2- خطای درجه حرارت که موجب انبساط و انقباض ناخواسته متر می‌گردد.(خطایی طبیعی و از نوع خطاهای تدریجی)

3- خطای شنت یا کمانی شدن متر:

☜این خطا در اثر وزن نوار و نیروی جاذبه زمین حاصل می‌شود و نسبت عکس با نیروی کشش وارده بر متر دارد.

☜ این خطا، خطای طبیعی بوده و از نوع خطاهای تدریجی کم شونده (منفی) است.

4- خطای کشش نامناسب:

☜ این خطا، در زمره خطاهای انسانی است.

☜ برای مثال چنانچه مقدار کشش کم باشد موجب افزایش خطای شنت شده و چنانچه مقدار کشش (در متر های پارچه‌ای) زیاد باشد خطای طول نوار را موجب می‌شود.

5- خطای افقی نبودن متر:

باید توجه داشت که هنگام متر کشی، متر باید به صورت کاملاً افقی قرار داشته باشد یا با داشتن مقدار زاویه شیب طول افقی آن محاسبه گردد.

☜ این خطا، در زمره خطاهای انسانی است.

6- خطای امتداد گذاری:

چنانچه طول متر مورد استفاده از فاصله‌ای که اندازه گیری می‌شود کمتر باشد باید توجه داشت که میخ‌های کمکی دقیقاً در یک امتداد باشند.

☜ این خطا، در زمره خطاهای انسانی است.

7- خطای علامت گذاری(خطای اتفاقی)

8- خطای قرائت (خطای اتفاقی)

منابع و مآخذ

1- نقشه برداری، دکتر شمس نوبخت، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ 31، 1387

2- نقشه برداری ساختمان، بهمن مقرب نیا، انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، 1385

3- http://fa.wikipedia.org

4- نقشه برداری معدنی، مهندس جعفری تبریزی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، 1373

پیوست‌ها

فرم برداشت تاکئومتری

نقطه استقرار: A ارتفاع دستگاه h_i (m): 1.44 برداشت توسط: یادداشت توسط: عامل: تاریخ: توضیح اعداد: (داده ، محاسباتی)

کد نقطه	ارتفاع (H) $H=H_{BM}+\Delta h$		$\Delta h=h+h_i-h_s$		h_i-h_s		اختلاف ارتفاع (h) $h= 0.5\ k.l.\sin 2i$		طول افقی (s) $S=k.l.\cos^2 i$ $k=100$	شاخص			زاویه شیب (i) $i=100(grad)-V$ $i=90(deg)-V$				تار وسط (h_s)	زاویه قائم (V)			کد نقطه هدف
										تار بالا (o)	تار پایین (u)	$=$ (o-u)/1000									
	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	(mm)	(mm)	(m)	cc	c	g	±	(mm)	cc	c	g	
A	82.65	+																			
1	79.09	+	3.56	-	0.04	+	3.60	-	81.39	1800	0984.5	0.8155	00	81	102	-	1400	00	81	102	1
2	82.37	+	0.28	-	0.28	-	----		93.70	2100	1163	0.937	00	00	100		1720	00	00	100	2
3	103.92	+	21.27	+	0.04	+	21.23	+	117.40	2000	0787.5	1.2125	00	39	88	+	1400	00	61	88	3

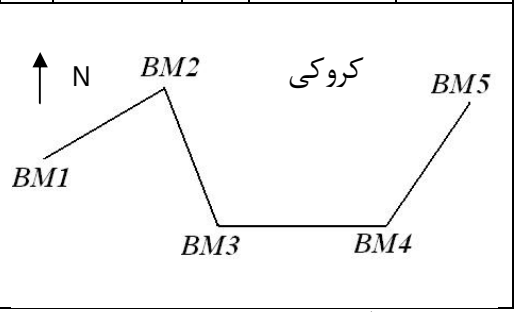
کد نقطه	Y $=Y_A+\Delta Y$	X $=X_A+\Delta X$	$\Delta Y=S.\sin G$		$\Delta X=S.\cos G$		Sin G		Cos G		طول افقی (s) $S=k.l.\cos^2 i$ $k=100$	زاویه ژیزمان (G)				زاویه افقی (H)			کد نقطه هدف
	(m)	(m)	±	(m)	±	(m)	±		±		(m)	امتداد	cc	c	g	cc	c	g	
A	2000.000	1000.000										--	--	--	--	00	00	0	شمال
1	2075.67	1029.96	+	75.67	+	29.96	+	0.92977	+	0.36812	81.39	A-1	00	00	76	00	00	76	1
2	2089.05	970.85	+	89.05	-	29.15	+	0.95037	-	0.31110	93.70	A-2	00	14	120	00	14	120	2
3	2081.96	915.95	+	81.96	-	84.05	+	0.69817	-	0.71594	117.40	A-3	00	80	150	00	80	150	3

تهیه و تنظیم جدول: مهندس پناهی

فرم عملیات پیمایش

برداشت توسط: یادداشت توسط: عامل: تاریخ: توضیح اعداد: (داده، محاسباتی)

کد نقطه	زاویه رأس (β_n)			زاویه ژیزمان (G_n) $G_n=G_{n-1}\pm 200^G+\beta_n$			فاصله افقی (S_n)	Sin G_n		*Cos* G_n		$\Delta X_n = S_n .\text{Cos } G_n$		$\Delta Y_n = S_n .\text{Sin } G_n$		$X_n = X_{n-1} + \Delta X_n$		$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_n$		کد نقطه
P_n	g °	c '	cc "	g °	c '	cc "	(m)	±		±		±	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	P_n
1	2			3			4	5		6		7		8		9		10		11	
																	1000.000		2000.000		BM1
BM1				*60*	00	12	126.048					+	63.018^{-2}	+	109.164^{-40}	+	63.016 1063.016	+	109.124 2109.124		BM2
BM2	281	56	21	*161*	56	33	99.594					−	94.688^{-2}	+	30.871^{-30}	−	94.690 968.326	+	30.841 2139.965		BM3
BM3	107	57	50	*89*	54	23	102.182					+	0.167^{-2}	+	102.182^{-31}	+	0.165 968.491	+	102.151 2242.116		BM4
BM4	133	01	00	*42*	55	23	111.133					+	81.379^{-2}	+	75.683^{-38}	+	81.377 1049.868	+	75.645 2317.761		BM5
BM5																					
جمع	در پیمایش باز این محاسبات کنترلی قابل انجام نیست												49.876		317.900						
باید													49.868		317.761						
اختلاف													-0.008		-0.139						



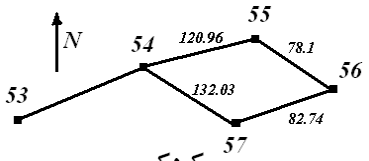
تهیه و تنظیم: مهندس پناهی

* پیمایش از نوع باز است. * مختصات BM1 و BM5 (نقاط ابتدایی و انتهایی) از قبل معلوم است.

فرم عملیات پیمایش

برداشت توسط: یادداشت توسط: عامل: تاریخ: توضیح اعداد: (داده، محاسباتی)

کد نقطه	زاویه رأس (β_n)			زاویه ژیزمان (G_n) $G_n=G_{n-1}\pm 200^G+\beta_n$			فاصله افقی (S_n)		Sin G_n		Cos G_n		$\Delta X_n = S_n .\text{Cos } G_n$		$\Delta Y_n = S_n .\text{Sin } G_n$		$X_n = X_{n-1} + \Delta X_n$		$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_n$		کد نقطه
P_n	g	c	cc	g	c	cc	(m)	±		±		±	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	P_n
1	2			3			4	5		6		7		8		9		10		11
53				72	51	08											7447.21		85440.12	54
54	208	76	24	81	27	32	120.96	+	0.95705	+	0.28994	+	35.07^{-1}	+	115.76^{+4}	+	35.06 7482.27	+	115.8 85555.92	55
55	264	04	82	145	32	14	78.10	+	0.75712	_	0.65328	_	51.02^{-1}	+	59.13^{+2}	_	51.03 7431.24	+	59.15 85615.07	56
56	309	67	53^{+1}	254	99	68	82.74	_	0.76037	_	0.64949	_	53.74^{-1}	_	62.91^{+2}	_	53.75 7377.49	_	62.89 85552.18	57
57	280	43	33^{+1}	335	43	02	132.03	_	0.84909	+	0.52825	+	69.74^{-2}	_	112.10^{+4}	+	69.72 7447.21	_	112.06 85440.12	54
54	137	08	06	272	51	08														
جمع	1199	99	98										0.05		-0.12					
باید	1200	00	00										00		00					
اختلاف	00	00	02										-0.05		+0.12					



کروکی

تهیه و تنظیم: ابراهیم پناهی

فرم برداشت تاکئومتری

نقطه استقرار: ارتفاع دستگاه h_i (m) : برداشت توسط: یادداشت توسط: عامل: تاریخ:

کد نقطه	ارتفاع(H) $H=H_{BM}+\Delta h$		$\Delta h=h+h_i-h_s$		h_i-h_s		اختلاف ارتفاع(h) $h=0.5\ k.l.\sin 2i$		طول افقی(s) $S=k.l.\cos^2 i$ $k=100$	شاخص			تار وسط (h_s)	زاویه شیب(i) i=100(grad)-V i=90(deg)-V				زاویه قائم(V)			کد نقطه هدف
										l= (o-u)/1000	تار پایین(u)	تار بالا(o)									
	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	±	cc "	c '	g °	±	cc "	c '	g °	
استقرار(BM)																						شمال

کد نقطه	Y $=Y_{BM}+\Delta Y$	X $=X_{BM}+\Delta X$	$\Delta Y=S.\sin G$		$\Delta X=S.\cos G$		Sin G		Cos G		طول افقی(s) $S=k.l.\cos^2 i$ $k=100$	زاویه ژیزمان (G)				زاویه افقی(H)			کد نقطه هدف
												cc "	c '	g °	امتداد	cc "	c '	g °	
	(m)	(m)	±	(m)	±	(m)	±		±		(m)								
استقرار(BM)																			شمال

تهیه و تنظیم جدول: مهندس پناهی

فرم عملیات پیمایش

برداشت توسط: یادداشت توسط: عامل: تاریخ:

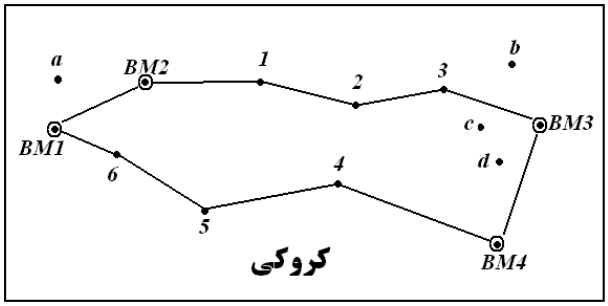
کد نقطه	$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_n$		$X_n = X_{n-1} + \Delta X_n$		$\Delta Y_n = S_n . \sin G_n$		$\Delta X_n = S_n . \cos G_n$		$\cos G_n$		$\sin G_n$		فاصله افقی(S_n)	زاویه ژیزمان (G_n) $G_n = G_{n-1} \pm 200^G + \beta_n$			زاویه رأس (β_n)			کد نقطه
P_n	±	(m)	±	(m)	±	(m)	±	(m)	±		±		(m)	cc	c	g	cc	c	g	P_n
														"	'	°	"	'	°	
1	10		9		8		7		6		5		4	3			2			1
----																				----
----																				----
----																				----
----																				----
----																				----
----																				----
----																				----
جمع																				جمع
باید																				باید
اختلاف																				اختلاف

جدول ترازیابی

عنوان پروژه: عامل: اپراتور: یادداشت: تاریخ: صفحه:

نوع ترازیابی: بسته☑ باز☐ توضیحات: اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده داده مسأله است (از برداشت بدست آمده است).

NO.P	B.S. (mm)	I.S. (mm)	F.S. (mm)	B.S.(m) اصلاح شده	I.S. (m)	F.S.(m) اصلاح شده	h_i(m)	Δh(m) ±		H(m)	Note
BM1	1144^{-2}			1.142			1020.493			1019.351	بنچ مارک
a		1553			1.553			-	0.411	1018.940	نقطه میانی
BM2	3458^{-3}		1225^{+3}	3.455		1.228	1022.720	-	0.086	1019.265	بنچ مارک
1	0527^{-2}		4230^{+2}	0.525		4.232	1019.013	-	0.777	1018.488	نقطه کمکی
2	0941^{-3}		3312^{+3}	0.938		3.315	1016.636	-	2.790	1015.698	نقطه کمکی
3	0600^{-2}		2736^{+2}	0.598		2.738	1014.496	-	1.800	1013.898	نقطه کمکی
BM3	1165^{-3}		3999^{+3}	1.162		4.002	1011.656	-	3.404	1010.494	بنچ مارک
b		1578			1.578			-	0.416	1010.078	نقطه میانی
c		1822			1.822			-	0.660	1009.834	نقطه میانی
d		1000			1.000			+	0.162	1010.656	نقطه میانی
BM4	3412^{-2}		1451^{+2}	3.410		1.453	1013.613	-	0.291	1010.203	بنچ مارک
4	3509^{-3}		1010^{+3}	3.506		1.013	1016.106	+	2.397	1012.600	نقطه کمکی
5	2993^{-2}		0721^{+2}	2.991		0.723	1018.374	+	2.783	1015.383	نقطه کمکی
6	4125^{-3}		1108^{+3}	4.122		1.111	1021.385	+	1.880	1017.263	نقطه کمکی
BM1			2031^{+3}			2.034		+	2.088	1019.351	بنچ مارک
Sum	21874		21823	21.849		21.849					



کنترل ارقام: $H_{انتهایی} - H_{ابتدایی} = \sum B.S. - \sum F.S.$

$H_{انتهایی} - H_{ابتدایی} = H_{BM1} - H_{BM1} = 1019.351 - 1019.351 = 0$ m

$\sum B.S. - \sum F.S. = 21874 - 21823 = 51$ mm $= 0.051$ m

اختلاف $= 51$ mm

تهیه و تنظیم: مهندس پناهی

جدول ترازیابی

عنوان پروژه: عامل: اپراتور: یادداشت: تاریخ: صفحه:

نوع ترازیابی: بسته☐ باز☐ دقت ترازیابی: توضیحات:

NO.P	B.S. (mm)	I.S. (mm)	F.S. (mm)	B.S.(m) اصلاح شده	I.S. (m)	F.S.(m) اصلاح شده	h_i(m)	Δh(m) ±		h(m)	Note
Sum											

طول تقریبی ترازیابی(km):

حداکثر خطای مجاز:

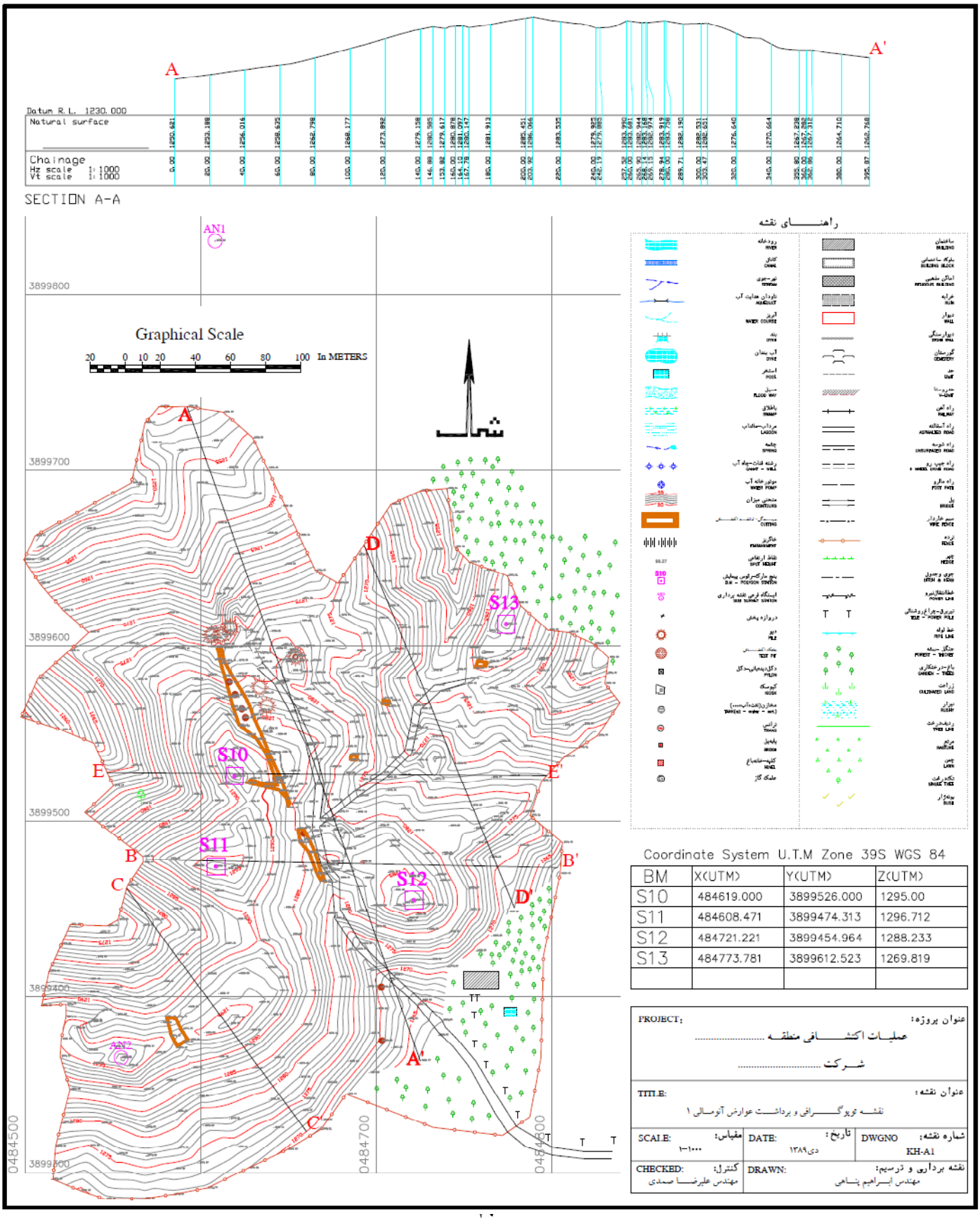
کنترل ارقام: $H_{\text{انتهایی}} - H_{\text{ابتدایی}} = \sum B.S. - \sum F.S.$

$H_{\text{انتهایی}} - H_{\text{ابتدایی}} =$

$\sum B.S. - \sum F.S. =$

اختلاف=

تهیه و تنظیم: مهندس پناهی


A
A'
Datum R. L. 1230. 000
Natural surface
Chainage
Hz scale 1: 1000
Vt scale 1: 1000
SECTION A-A
راهنـــــای نقشه
AN1
3899800
3899700
3899600
3899500
3899400
3899300
Graphical Scale
20 0 10 20 40 60 80 100 In METERS
S10
S11
S12
S13
A
B
C
D
E
A'
B'
C'
D'
E'
0484500
0484700
0484800
Coordinate System U.T.M Zone 39S WGS 84
BM | X(UTM) | Y(UTM) | Z(UTM)
S10 | 484619.000 | 3899526.000 | 1295.00
S11 | 484608.471 | 3899474.313 | 1296.712
S12 | 484721.221 | 3899454.964 | 1288.233
S13 | 484773.781 | 3899612.523 | 1269.819
PROJECT: عنوان پروژه:
عملیات اکتشـــافی منطقـه .....
شـرکت .....
TITLE: عنوان نقشه:
نقشـه توپوگـــرافی و برداشـت عوارض آتومـالی ۱
SCALE: مقیاس: ۱-۱۰۰۰
DATE: تاریخ: دی۱۳۸۹
DWGNO شماره نقشه: KH-A1
CHECKED: کنترل: مهندس علیرضـا صمدی
DRAWN: نقشه برداری و ترسیم: مهندس ابـراهیم پنـاهی

رئوس مطالب در تنظیم گزارشات کار

- عنوان
- اعضای گروه و کد گروه (حاضرین و غایبین)
- تجهیزات مورد استفاده و شرح مختصری از ساختمان و نحوه عملکرد
- تئوری عملیات و خطاهای مرتبط
- شرح عملیات، محاسبات و خطاها

لوازم و تجهیزات مورد نیاز برای برداشت

ترازیابی	تاکئومتری	پیمایش
ترازیاب	تئودولیت	تئودولیت
سه پایه	سه پایه	سه پایه
شاخص	شاخص و تراز شاخص	شاخص و تراز شاخص
تراز کروی شاخص	متر	متر
فرم ترازیابی	فرم تاکئومتری	فرم پیمایش
اسپری		فرم برداشت کوپل

فرم برداشت کوپل زوایای افقی و قائم

برداشت توسط: یادداشت توسط: عامل: تاریخ:

زاویه رأس α $\alpha = \frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$	برآورد دوم زاویه رأس افقی(α_2)	برآورد اول زاویه رأس افقی(α_1)	H2-H1 $\approx \pm 180°$	قرائت زاویه افقی (دایره به راست) H_2	قرائت زاویه افقی (دایره به چپ) H_1	زاویه قائم $V = \frac{V_1+(360°-V_2)}{2}$	قرائت زاویه قائم (دایره به راست) V_2	قرائت زاویه قائم (دایره به چپ) V_1	نقطه هدف	نقطه استقرار (رأس زاویه)

زاویه رأس α $\alpha = \frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$	برآورد دوم زاویه رأس افقی(α_2)	برآورد اول زاویه رأس افقی(α_1)	H2-H1 $\approx \pm 180°$	قرائت زاویه افقی (دایره به راست) H_2	قرائت زاویه افقی (دایره به چپ) H_1	زاویه قائم $V = \frac{V_1+(360°-V_2)}{2}$	قرائت زاویه قائم (دایره به راست) V_2	قرائت زاویه قائم (دایره به چپ) V_1	نقطه هدف	نقطه استقرار (رأس زاویه)

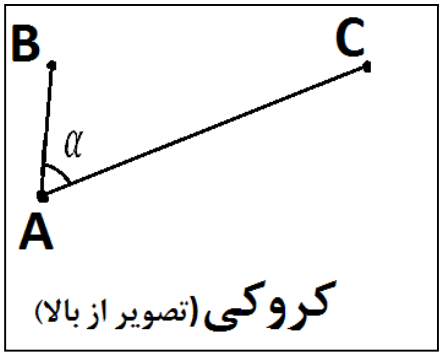
زاویه رأس α $\alpha = \frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$	برآورد دوم زاویه رأس افقی(α_2)	برآورد اول زاویه رأس افقی(α_1)	H2-H1 $\approx \pm 180°$	قرائت زاویه افقی (دایره به راست) H_2	قرائت زاویه افقی (دایره به چپ) H_1	زاویه قائم $V = \frac{V_1+(360°-V_2)}{2}$	قرائت زاویه قائم (دایره به راست) V_2	قرائت زاویه قائم (دایره به چپ) V_1	نقطه هدف	نقطه استقرار (رأس زاویه)

زاویه رأس α $\alpha = \frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$	برآورد دوم زاویه رأس افقی(α_2)	برآورد اول زاویه رأس افقی(α_1)	H2-H1 $\approx \pm 180°$	قرائت زاویه افقی (دایره به راست) H_2	قرائت زاویه افقی (دایره به چپ) H_1	زاویه قائم $V = \frac{V_1+(360°-V_2)}{2}$	قرائت زاویه قائم (دایره به راست) V_2	قرائت زاویه قائم (دایره به چپ) V_1	نقطه هدف	نقطه استقرار (رأس زاویه)

مثال برداشت کوپل زوایای افقی و قائم

برداشت توسط: یادداشت توسط: عامل: تاریخ: توضیحات: زوایا به درجه گزارش شده است. (داده ، محاسباتی)

نقطه استقرار (رأس زاویه)	نقطه هدف	قرائت زاویه قائم (دایره به چپ) V_1	قرائت زاویه قائم (دایره به راست) V_2	زاویه قائم $V = \frac{V_1+(360°-V_2)}{2}$	قرائت زاویه افقی (دایره به چپ) H_1	قرائت زاویه افقی (دایره به راست) H_2	H2-H1 $\approx \pm 180°$	برآورد اول زاویه رأس افقی(α_1)	برآورد دوم زاویه رأس افقی(α_2)	زاویه رأس α $\alpha = \frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$
A	B	88°12'38"	271°47'02"	88°12'47"	331°41'52"	151°41'59"	-179°59'53"	51°25′33"	51°25′28"	51°25′30"
	C	90°09'22"	269°51'00"	90°09'11"	23°07'25"	203°07'27"	180°00'02"			



$$\alpha_1 = 360° - 331°41'52" + 23°07'25" = 51°25'33"$$
$$\alpha_2 = 203°07'27" - 151°41'59" = 51°25'28"$$